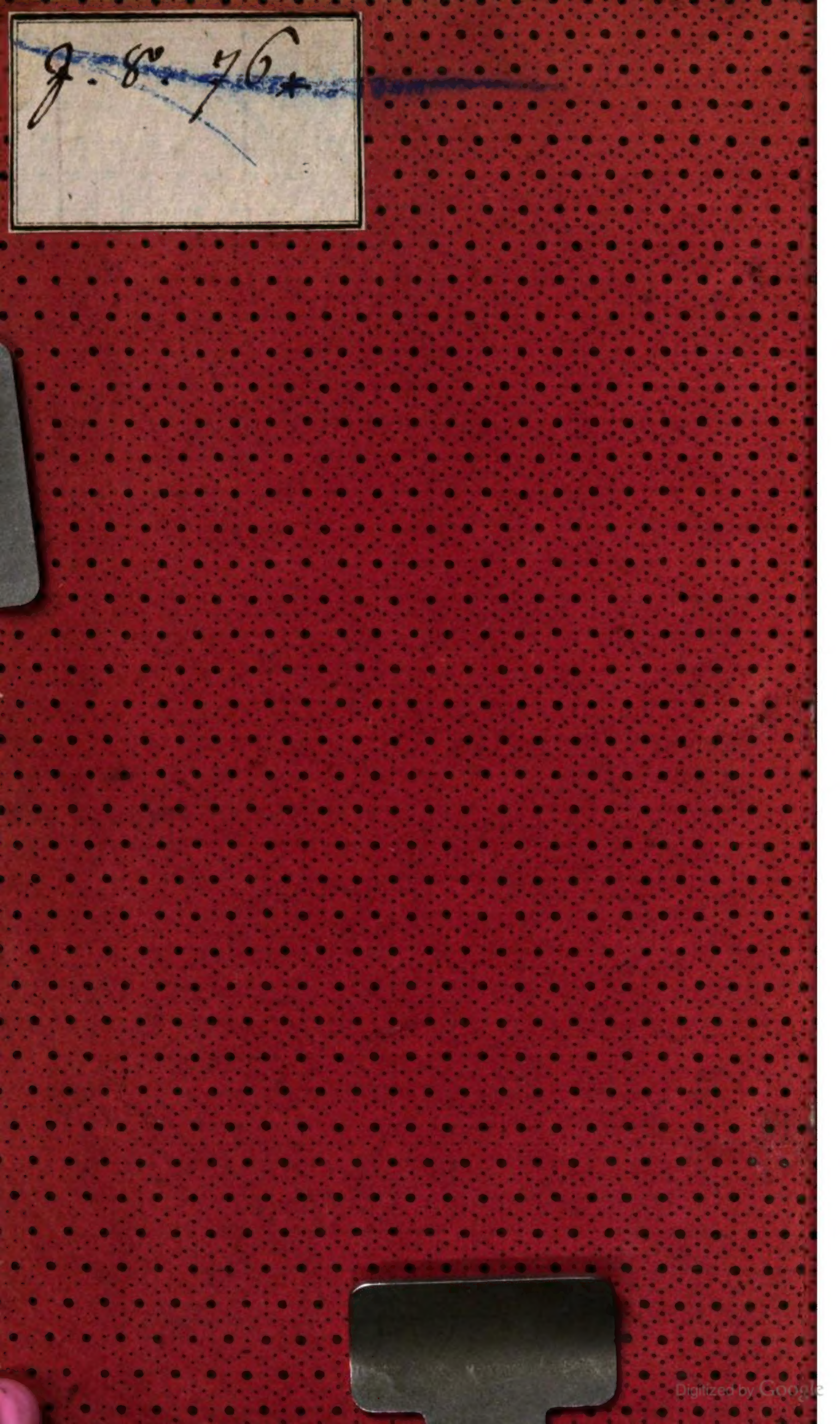
ANNALEN DER PHYSIK. ANGEFANGEN VON FRIEDR(ICH)...

Ludwig Wilhelm Gilbert, ...

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND XXXV.

Digitized by Google

Digitized by Google

ANNALEN
DER
PHYSIK
UND
CHEMIE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

FÜNF UND DREISSIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT UND ELFTER.

NEBST FÜNF KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1835.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

Digitized by Google

Digitized by Google

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

ZWEITE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

FÜNFTER BAND.

NEBST FÜNF KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1835.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

393662-B

Digitized by Google

Inhalt

des Bandes XXXV der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

Seite

I. Achte Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektricität; von M. Faraday. 1

§. 14. Ueber die Elektricität der voltaschen Säule, ihre Herkunft, Menge, Stärke, und ihre allgemeinen Eigenschaften. I. Ueber die einfache voltasche Kette.

II. Auffindung eines Körpers, welcher in Berührung mit andern Elektromotoren eine weit stärkere negative Elektricität erregt, als jeder bisher untersuchte; von P. S. Munck af Rosenschöld. 46

III. Beobachtungen über die täglichen Variationen der Abweichung in Archangelsk, angestellt vom Flottenkapitain Reinike und mitgetheilt von A. T. Kupffer. 58

IV. Bemerkungen gegen den in diesen Annalen enthaltenen, wider mich gerichteten Aufsatz des Hrn. Muncke über Thermoelektricität des Glases; von E. Lenz. 72

V. Ueber die optischen Eigenschaften der hemiprismatischen oder zwei- und eingliedrigen Krystalle. Aus einem Schreiben von E. Neumann an den Herausgeber. 81

Nörrenberg's Entdeckung der Farbenverschiedenheit zwischen den beiden optischen Axen des Gypses, S. 81. — Methode, die Lage der optischen Axen durch ein Fernrohr zu bestimmen, S. 85. — Neigung der scheinbaren optischen Axen im Arragonit, S. 86. — Methode, die mittlere Elasticitätsaxe aus der scheinbaren Neigung der optischen Axen zu bestimmen, S. 88. — Mittlere Elasticitätsaxe des Gypses, S. 89. — Bestimmung der Lage der optischen und der

Seite

Elasticitäts-Axen des Gypses für gewöhnliche Temperatur, S. 91. — Aus der scheinbaren Neigung der optischen Axen den Brechungscoëfficienten einer Flüssigkeit zu bestimmen. Brechungscoëfficient des Rüböls, S. 92. — Veränderung der Richtung der Elasticitätsaxen bei Veränderung der Temperatur, S. 93.

VI. Ueber die isochromatischen Curven der einaxigen Krystalle; von J. Müller 95

VII. Ueber den freien Durchgang der strahlenden Wärme durch verschiedene starre und flüssige Körper; von Melloni . . 112

Einleitung, S. 112. — Allgemeine Betrachtungen über den freien Durchgang der Wärme durch Körper, und über das Verfahren mittelst des Thermomultiplicators ein genaues Maafs derselben zu erhalten, S. 118. — Von der Dicke, Politur und Natur der Schirme, S. 134.

VIII. Beobachtungen über die Bodentemperatur zu Brüssel; von Quetelet 139

IX. Ueber den Einfluſs des Monds auf den Barometerstand und die Regenmenge nach 27jährigen, zu Strasburg angestellten Beobachtungen; von Otto Eisenlohr 141

X. Ueber das Oel aus dem Braunkohlentheer; von J. E. Simon 160

XI Einige Bemerkungen über die Temperatur der Kohlensäure, welche auf verschiedene Weise entwickelt wird; von Gustav Bischoff 161

XII. Ueber die Temperatur des pommerschen Vorgebirgs Rixhofer. Aus einem Schreiben an A. v. Humboldt von Strehlke 165

XIII. Nachtrag zu Boussingault's Notiz über die Ersteigung des Chimborasso. Aus einem Briefe an A. v. Humboldt von J. B. Boussingault 167

XIV. Ueber die Zusammensetzung des Wassers vom Elton-See im asiatischen Ruſsland, verglichen mit der des Meerwassers und der des Wassers vom Kaspischen Meer; von Heinrich Rose 169

Digitized by Google

Seite

XV. Ueber die chemische Zusammensetzung des Thonschiefers; von Herrmann Frick. 188
XVI. Ueber die Dampfbildung. Aus einem Briefe an den Herausgeber; von J. J. Prechtl. 198
XVII. Nachträgliche Beobachtungen in Betreff der optischen Eigenschaften hemiprismatischer Krystalle. Aus einem Schreiben an den Herausgeber von E. Neumann. . . . 203
XVIII. Ueber ein neues Magnetisirungsverfahren; von Aimé. 206
XIX. Ueber den bleibenden Magnetismus des weichen Eisens; von Watkins. 208

Zweites Stück.

I. Ueber das Gesetz der Temperaturzunahme nach dem Innern der Erde; von Gustav Bischof. 209
II. Achte Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektricität, von Hrn. M. Faraday. (Schluſs.) 222
II. Ueber die zur Elektrolysirung nothwendige Intensität, S. 222. — III. Von der zusammengesetzten voltaschen Kette oder der voltaschen Batterie, S. 233. — IV. Von dem Widerstande eines Elektrolyten gegen die elektrolytische Action, S. 242. — V. Allgemeine Betrachtungen über die thätige voltasche Batterie, S. 252.
Zusatz vom Herausgeber. 260
III. Ueber die isochromatischen Curven der einaxigen Krystalle; von J. Müller. (Schluſs.) 261
IV. Ueber den freien Durchgang der strahlenden Wärme durch verschiedene starre und flüssige Körper; von M. Melloni. (Schluſs). 277
Einfluſs der Dicke, Politur und chemischen Natur der Schirme.
V. Neue Eigenschaft der Knallpulver; von Heurteloup. . . 308
VI. Ueber den Einfluſs des Monds auf den Barometerstand und die Regenmenge nach 27jährigen zu Strasburg angestellten Beobachtungen; von Otto Eisenlohr. (Schluſs.) . . 309

Digitized by Google

Seite

VII. Anwendung des polarisirten Lichts zu mikroskopischen Beobachtungen; von Talbot. 330

VIII. Ueber die Zusammensetzung der Porcellanerde und ihre Entstehung aus dem Feldspath; von G. Forchhammer. 331

IX. Ueber den Kupfer-Antimonglanz, eine neue Mineralgattung; von C. Zincken. 357

Zusatz von G. Rose. 360

X. Ueber die chemische Zusammensetzung des Kupfer-Antimonglases; von Heinrich Rose. 361

XI. Ueber die Zurückführung der hexagonalen Gestalten auf drei rechtwinkliche Axen; von C. Naumann. 363

XII. Chlorbenzin und Chlorbenzid; von E. Mitscherlich. . 370

XIII. Ueber das Vorhandenseyn zweier Regenzeiten im südlichen Europa; von H. W. Dove. 375

XIV. Beobachtung eines Nordlichts zu Braunsberg am 7. Febr. 1835; von L. Feldt. 378

XV. Ueber die Discontinuität des Leuchtens der Blitze; von H. W. Dove. 379

XVI. Ueber die optischen Eigenschaften der hemi- und tetartoprismatischen Krystalle. 380

XVII. Farbenerscheinungen bei chromhaltigen Salzen 383

Drittes Stück.

I. Neue Untersuchungen über den unmittelbaren Durchgang der strahlenden Wärme durch verschiedene starre und flüssige Körper; von M. Melloni. 385

Von den Veränderungen des Wärmedurchgangs in Folge einer Veränderung der Wärmequelle, S. 385.

II. Neunte Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektricität; von M. Faraday. 413

Ueber den Vertheilungseinfluſs elektrischer Ströme überhaupt und auf sich selbst, S. 413.

III. Ueber das Gesetz des Cosinusquadrats für die Intensität des polarisirten Lichts, welches von doppelt-brechenden Krystallen durchgelassen wird; von Arago. 444

Seite

IV. Betrachtungen über ein von Hrn. Talbot vorgeschlagenes photometrisches Princip; von Plateau. 457

Anwendungen des Talbot'schen Princips, S. 464.

V. Ueber das Verhalten von Kohle gegen Licht; von Degen. 468

VI. Ueber die optischen Eigenschaften des ameisensauren Kupferoxyds; von J. Müller. 472

VII. Ueber die specifische Wärme der im Wasser löslichen Salze; von F. Rudberg. 474

VIII. Beobachtungen der magnetischen Variation am 1. April 1835 von fünf Oertern; von C. F. Gaufs. 480

IX. Ueber die Lichterscheinungen bei der Krystallbildung; von Heinrich Rose. 481

X. Analyse eines Asbestes von Koruk in Grönland; von M. Lappe. 486

XI. Beiträge zur näheren Kenntnifs der Xanthogensäure und ihrer Verbindungen; von W. C. Zeise. 487

XII. Zerlegung des Ouro poudre; von J. Berzelius. 514

XIII. Untersuchung eines krystallisirten Kalksalzes; von W. F. Fürsten zu Salm-Horstmar. 515

XIV. Ueber die Erzeugung des Zinnchlorids, als Beitrag zur Monographie dieses Körpers; von J. v. Kraskowitz in Wienerisch-Neustadt. 517

XV. Bericht von einem merkwürdigen Blitzschlag; von Carl Naumann. 519

XVI. Vermischte Notizen. 522

1) Doppelbrechung des Apophyllits, S. 522. — 2) Linien im Spectrum, S. 523. — 3) Verfahren, um eine Guitarre ohne Hülfe des Ohrs zu stimmen, S. 524. — 4) Conservation des destillirten Wassers, S. 526. — 5) Angeblicher Titangehalt der hessischen Tiegelmasse, S. 527. — 6) Kupferoxydul, S. 527. — 8) Hemimorphisches Bleisalz von Berg-Giefshübel, S. 528. — 9) Salpeterschwefelsäure, S. 528.

Seite

Viertes Stück.

I. Neue Untersuchungen über den unmittelbaren Durchgang der strahlenden Wärme durch verschiedene starre und flüssige Körper; von Melloni. 530
Von den Eigenschaften der unmittelbar durch Körper gegangenen Wärme, S. 530.
Polarisation der Wärme; von Forbes. S. 553.
II. Nachträge zu den Abhandlungen von M. Melloni. . . . 559
1) Ueber das Wärmespectrum der Sonne, S. 559. — 2) Beschreibung eines Apparats zur Anstellung aller Versuche über die strahlende Wärme, nebst einigen neuen Thatsachen über die Wärmequellen und deren Strahlen, S. 562.
III. Chemische Wirkung des Sonnenspectrums; von Hefsler. 578
IV. Versuche über die Circularpolarisation des Lichts; von H. W. Dove. 579
V. Beschreibung eines Apparats für geradlinige, elliptische und circulare Polarisation des Lichts; von H. W. Dove. . . 596
VI. Ueber die Farbenzerstreuung in einem und demselben Mittel; von Amici. 609
VII. Ueber die Theorie des Siedens; von J. J. Prechtl. . . 620
Nachschrift vom Herausgeber, S. 627.
VIII. Oerstedit, ein neues Mineral. 630
Meteorologische Beobachtungen, angestellt in Berlin. Mai bis Aug. 1835.

Nachweis zu den Kupfertafeln.

Taf. I. Faraday, S. 1 und 222.
Taf. II. Fig. 1 bis 6 Neumann, S. 81. — Fig. 7 bis 11 Müller, S. 95 — Fig. 12 Talbot, S. 465. — Fig. 13 Forchhammer, S. 353. — Fig. 14 bis 16 Nobili. — Fig. 17 Boussingault. Fig. 18 bis 23 Pinaud. (Die drei letzten Aufsätze werden im folgenden Bande vorkommen.)
Taf. III. Fig. 1 bis 3 Melloni, S. 390. 410. 411. — Fig. 4 Faraday, S. 425. — Fig. 5 bis 9 Degen, S. 469. — Fig. 10 Müller, S. 472. — Fig. 11 Naumann, S. 520. — Fig. 12 bis 15 Melloni, S. 562 und 563.
Taf. IV. Gaufs, S. 480.
Taf. V. Dove, S. 584. 586. und 596.

1835. ANNALEN №. 5.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XXXV.

I. *Achte Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektricität; von Hrn. Michael Faraday.*

[Uebersandt vom Hrn. Verfasser in einem besonderen Abzuge aus den *Philosoph. Transact. f.* 1834, *pt. II.* — Die siebente Reihe findet sich in diesen Annal. Bd. XXXIII S. 301, 433, 481, die sechste Reihe nebst dem Nachweis zu den früheren Reihen in demselben Bande, S. 149.]

§. 14. Ueber die Elektricität der voltaschen Säule, ihre Abkunft, Menge, Stärke und ihre allgemeinen Kennzeichen.

I. Ueber die einfache voltasche Kette.

875) Die grofse Frage über den Ursprung der Elektricität in der voltaschen Säule hat so viele ausgezeichnete Physiker beschäftigt, dafs ein Unbefangener, welcher zwar diese Aufgabe nicht studirt hätte, aber doch die Talente dieser Männer zu würdigen verstände, glauben könnte, die Wahrheit wäre hier einigermafsen aufgedeckt. Wenn aber derselbe in diesem Glauben eine Vergleichung der Resultate und Schlüsse unternähme, würde er bald auf solche Widersprüche gerathen, auf solches Gleichgewicht der Meinung, solche Variation und Combination der Theorie, dafs er völlig in Zweifel bleiben müfste, was er für die wahre Auslegung der Natur zu halten habe. Er würde genöthigt seyn, die Versuche zu wiederholen, und dann statt des Urtheils Anderer sein eigenes zu gebrauchen.

876) Diese Sachlage mag mich in den Augen Derer, die bereits über diesen Gegenstand nachgedacht haben, entschuldigen, dafs ich auf eine Untersuchung des-

selben eingegangen bin. Meine Ansichten über die feste Wirkung der Elektricität auf die in Zersetzung begriffenen Körper (783) und über die Einerleiheit der dabei angewandten Kraft mit der zu überwältigenden (855), gegründet nicht auf eine bloſse Meinung oder oberflächliche Kenntniſs, sondern auf ganz neue, meiner Einsicht nach genaue und entscheidende Thatsachen, setzen mich, glaube ich, in den Stand, die Aufgabe unter Vortheilen zu untersuchen, die keiner meiner Vorgänger besaſs und mir Ersatz für deren höheren Scharfsinn leisten. Betrachtungen dieser Art haben mich veranlaſst, zu glauben, ich möchte zur Entscheidung der Frage Einiges beitragen können, und im Stande seyn, an dem groſsen Werke *der Entfernung zweifelhafter Kenntnisse* mitzuwirken. Solche Kenntnisse bilden das frühe Dämmerungslicht in jeder fortschreitenden Wissenschaft, und sind wesentlich für deren Entwicklung; allein der, welcher sich bemüht, das Trügerische in derselben zu zerstreuen und das Wahre deutlicher an's Licht zu ziehen, ist eben so nützlich an seinem Platz und eben so nothwendig in dem Fortgang der Wissenschaft als der, welcher zuerst in die intellectuelle Finsterniſs einbricht und zuvor unbekannte Bahnen zur Erkenntniſs aufschlieſst.

877) Die Einerleiheit der Kraft, welche den voltaschen Strom oder das elektrische Agens ausmacht, mit derjenigen, welche die Elemente elektrolytisch zusammenhält (855), oder in anderen Worten, mit der chemischen Verwandtschaft, schien darauf hinzudeuten, daſs die Elektricität der Säule nichts anderes sey als eine Aeuſserungs-, Erscheinungs- oder Daseynsweise der *wahren chemischen Action* oder vielmehr ihrer Ursache; und ich habe demgemäſs bereits gesagt, daſs ich mit Denen übereinstimme, welche glauben, daſs die Elektricität von chemischen Kräften hergegeben werde (857).

878) Allein die groſse Frage, ob sie ursprünglich von dem Metallcontact oder der chemischen Action her-

Digitized by Google

rühre, d. h. ob jener oder diese den Strom *erzeuge* und bedinge, war mir noch zweifelhaft; und der schöne und einfache Versuch mit Platin und amalgamirtem Zink, welchen ich, nebst den Resultaten, umständlich beschrieben habe (863 u. ff.), entscheidet diesen Punkt nicht; denn in jenem Versuch findet die chemische Action nicht ohne Berührung der Metalle statt, und der Metallcontact ist unwirksam ohne die chemische Action. Mithin kann jener wie diese als die bedingende Ursache des Stroms angesehen werden.

879) Ich hielt es für nothwendig, diese Frage durch die möglichst einfachsten Formen des Apparats und des Versuchs zu entscheiden, damit kein Trugschlufs sich unversehens einschleiche. Die bekannte Schwierigkeit, Zersetzungen durch ein einfaches Plattenpaar hervorzubringen, es sey denn in der diese Platten zur Thätigkeit anregenden Flüssigkeit selbst (863), schien mir bei dergleichen Versuchen ein unübersteigliches Hindernifs in den Weg zu legen; allein ich erinnerte mich der leichten Zersetzbarkeit einer Jodkaliumlösung (316), und da ich keinen theoretischen Grund einsah, warum, wenn Metallcontact *unwesentlich* sey, nicht ohne denselben eine elektrochemische Zersetzung erhalten werden sollte, ging ich an einen solchen Versuch, und zwar mit Erfolg.

880) Eine Zinkplatte, etwa 8″ lang und 0″,5 breit, wurde gereinigt und in der Mitte rechtwinklich gebogen *a*, Fig. 1 Taf. I. Eine Platinplatte, etwa 3″ lang und 0″,5 breit, wurde an einem Platindraht befestigt und letzterer wie *b* in der Figur gebogen. Beide Metalle wurden wie in der Zeichnung zusammengestellt, allein noch aufserhalb des Gefäfses *c* und seines Inhalts, welcher aus verdünnter, mit etwas Salpetersäure gemengter Schwefelsäure bestand. Bei *x* wurde ein zusammengeschlagenes und mit Jodkalium-Lösung befeuchtetes Stück Fliefspapier auf das Zink gelegt, und das Ende des Platins darauf gedrückt. Wenn alsdann die Platten in die Säure

des Gefäfses *c* getaucht wurden, trat bei *x* sogleich eine Wirkung ein; das Jodid wurde zersetzt, und das Jod erschien an der *Anode* (663), d. h. an dem Ende des Platindrahts.

881) So lange die Enden der Platten in der Säure blieben, beharrten der elektrische Strom und die Zersetzung bei *x*. Bei Fortrückung des Drahtendes von Stelle zu Stelle auf dem Papier war die Wirkung offenbar sehr kräftig; und als ich ein Stück Kurkumäpapier zwischen das weifse Papier und das Zink legte (beide Papiere mit Jodkalium-Lösung befeuchtet) wurde Alkali an der *Kathode* (663), d. h. am Zink entwickelt, im Verhältnifs zur Jodentwicklung an der *Anode*. Mithin war die Zersetzung vollkommen polar und entschieden abhängig von einem elektrischen Strom, der vom Zink durch die Säure zum Platin im Gefäfse *c* und vom Platin zurück durch die Lösung zum Zink am Papiere *x* ging.

882) Dafs die Zersetzung bei *x* eine wahre elektrolytische Action war, herrührend von einem durch die Umstände in dem Gefäfse *c* erzeugten Strom, und nicht von einer blofsen directen chemischen Action des Zinks und Platins auf das Jodid, und selbst nicht von einem etwa durch Wirkung der Jodidlösung auf die Metalle bei *x* hervorgerufenen *Strom*, zeigte sich zunächst durch Herausziehen der Platten aus der Säure in dem Gefäfse *c*, wobei alle Zersetzung bei *x* aufhörte, und dann indem man die Metalle entweder in oder aufser der Säure in Berührung setzte, wobei zwar eine Zersetzung des Jodids bei *x* eintrat, aber in *umgekehrter Ordnung;* denn nun erschien das Alkali am Ende des Platindrahts und das Jod am Zink, der Strom ging also gegen vorhin in umgekehrter Richtung und ward erzeugt durch den Unterschied der Wirkung der im Papier enthaltenen Lösung auf die beiden Metalle. Daher verband sich dann das Jod mit dem Zink.

883) Bei Anstellung dieses Versuchs mit Zinkplatten, die auf ihrer ganzen Oberfläche amalgamirt waren (863), wurden die Resultate mit gleicher Leichtigkeit und in gleichem Sinne erhalten, selbst wenn das Gefäfs *c* (Fig. 1 Taf. I) nur verdünnte Schwefelsäure enthielt. Was für ein Ende des Zinks auch in die Säure getaucht war, so blieben doch die Wirkungen sich gleich, so dafs, wenn man auch annehmen wollte, das Quecksilber hätte hiebei den Metallcontact abgegeben, doch die Umkehrung des amalgamirten Stücks diesen Einwurf vernichtet haben würde. Der Gebrauch von *unamalgamirtem* Zink (880) entfernt übrigens jede Möglichkeit eines Zweifels.

884) Als in Verfolgung anderer Ansichten (930) das Gefäfs *c* statt der Säure mit einer Lösung von Aetzkali gefüllt wurde, ergaben sich die nämlichen Resultate. Ungehindert trat die Zersetzung des Jodids ein, wiewohl kein Metallcontact von ungleichen Metallen stattfand, und der elektrische Strom *gleiche Richtung* hatte wie bei Anwendung von Säure.

885) Selbst eine Kochsalzlösung im Glase *c* brachte alle diese Wirkungen hervor.

886) Ein Galvanometer mit Platindrähten, eingeschaltet in die Bahn des Stroms zwischen der Platinplatte und dem Zersetzungsort *x*, zeigte durch seine Ablenkung Ströme von gleicher Richtung an, wie sie durch die chemische Action nachgewiesen waren.

887) Betrachten wir diese Resultate im Allgemeinen, so führen sie zu sehr wichtigen Folgerungen. Zunächst beweisen sie aufs Entschiedenste, *dafs Metallcontact nicht nothwendig ist zur Erzeugung eines voltaschen Stroms*, und dann zeigen sie eine höchst ungewöhnliche Beziehung zwischen den chemischen Verwandtschaften der Flüssigkeit, die den Strom *erregt*, und derjenigen, welche durch diesen Strom *zersetzt* wird.

888) Um die Betrachtung zu vereinfachen, wollen wir zum Versuch mit amalgamirtem Zink zurückkehren.

Das so zubereitete Metall zeigt keine Wirkung, ehe nicht der Strom durchgeht; es führt zugleich keine neue Wirkung herbei, sondern entfernt bloſs einen Einfluſs, welcher entweder für die Erzeugung oder für die Wirkung des elektrischen Stroms fremdartig ist, und welcher, wenn er zugegen ist, bloſs die Resultate verwirrt.

889) Man bringe eine amalgamirte Platinplatte *P* parallel über eine Zinkplatte *Z* (Fig. 2 Taf. I) und zwischen dieselben, an einem Ende, einen Tropfen verdünnter Schwefelsäure *y*. Es wird nun an dieser Stelle keine merkliche chemische Wirkung eintreten, bis nicht die Platten irgendwo, wie bei *PZ*, durch einen Elektricität leitenden Körper verbunden werden. Ist dieser Körper ein Metall oder Kohle von gewisser Beschaffenheit, so geht der Strom über, und, da er durch die Flüssigkeit bei *y* circulirt, erfolgt daselbst Zersetzung.

890) Entfernt man nun die Säure bei *y* und bringt einen Tropfen Jodkalium-Lösung nach *x* (Fig. 3 Taf. I), so hat man dieselbe Reihe von Erscheinungen, ausgenommen, daſs wenn bei *PZ* der Metallcontact vollzogen wird, der Elektricitätsstrom gegen früher eine umgekehrte Richtung hat, wie es durch die Pfeile angedeutet ist, welche die Richtung des Stroms bezeichnen (667).

891) Nun sind *beide* Lösungen Leiter; allein die Leitung in ihnen ist wesentlich mit einer Zersetzung in constanter Ordnung verknüpft (858), und deshalb *ergiebt sich* aus dem Auftreten der Elemente an gewissen Orten, in welch einer Richtung der Strom bei Anwendung dieser Lösungen gegangen ist. Ueberdieſs finden wir, daſs wenn sie an den entgegengesetzten Enden der Platten angewandt werden, wie in den beiden letzten Versuchen (889. 890), und der Metallcontact an den andern Enden vollzogen wird, die Ströme entgegengesetzte Richtungen haben. Wir haben es also offenbar in unserer Macht, die gleichzeitige Wirkung zweier Flüssigkeiten an den entgegengesetzten Enden der Platten ein-

Digitized by Google

ander gegenüber zu stellen, und die eine Flüssigkeit als Leiter für die Entladung des Elektricitätsstroms zu gebrauchen, welchen die andere zu erzeugen trachtet; und in der That brauchen wir sie nur für den Metallcontact zu substituiren und beide Versuche zu Einem zu combiniren (Fig. 4 Taf. I). Unter diesen Umständen findet ein Entgegenwirken der Kräfte statt. Die Flüssigkeit, welche die stärkere chemische Verwandtschaft für das Zink in Thätigkeit setzt (d. h. die verdünnte Säure), überwältigt die Kraft der anderen, und bedingt die Bildung und Richtung des elektrischen Stroms; sie macht nicht nur den Strom durch die schwächere Flüssigkeit gehen, sondern kehrt wirklich die Tendenz um, welche die Elemente der letzteren, falls ihnen nicht so entgegengewirkt würde, zu dem Zink und Platin besitzen, und zwingt sie zu einer entgegengesetzten Richtung als sie geneigt sind einzurücken, damit ihr eigner Strom (der der stärkeren Flüssigkeit) freien Lauf gewinne. Entfernt man die vorwaltende Action bei y, indem man daselbst den Metallcontact herstellt, so erlangt die Flüssigkeit bei x wiederum ihre Kraft; oder bringt man die Metalle bei y nicht zum Contact, sondern schwächt nur die Verwandtschaften der Lösung daselbst, während man zugleich die bei x verstärkt, so gewinnen die letzteren das Uebergewicht und die Zersetzungen gehen in umgekehrter Ordnung vor sich.

892) Ehe ich aus dieser gegenseitigen Abhängigkeit der chemischen Verwandtschaften zweier getrennten Portionen wirkender Flüssigkeiten (916) eine Schlufsfolgerung ziehe, will ich noch umständlicher die verschiedenen Umstände untersuchen, unter welchen die Reaction des zersetzten Körpers auf die Action des den voltaschen Strom erzeugenden Körpers, auch in dem Acte der Zersetzung, sichtbar gemacht wird.

893) Der Nutzen des *Metallcontacts* bei einfachen Plattenpaaren und die Ursache seines grofsen Vorzugs

vor jeder anderen Art von Contact wird nun sehr einleuchtend. Wenn eine amalgamirte Zinkplatte in verdünnte Schwefelsäure getaucht wird, ist die chemische Verwandtschaft zwischen dem Metall und der Flüssigkeit nicht stark genug, um auf den Berührungsflächen eine merkliche Wirkung hervorzurufen und durch die Oxydation des Metalls eine Wasserzersetzung zu veranlassen; allein sie ist kräftig genug, um einen Elektricitätszustand (oder die die chemische Verwandtschaft bedingende Kraft) zu erregen, welcher einen Strom erzeugen würde, falls der Weg für diesen gebahnt wäre (916. 956), und dieser Strom würde, unter den Umständen, die für die Wasserzersetzung nöthigen Bedingungen vervollständigen.

894) Das Platin, welches zugleich das Zink und die zu zersetzende Flüssigkeit berührt, öffnet durch seine Gegenwart nun der Elektricität die erforderliche Bahn. Seine *directe Communication* mit dem Zink ist bei weitem wirksamer als mit demselben Metall irgend eine andere, die, wie in dem schon beschriebenen Versuche (891), mittelst zersetzbarer leitender Körper, oder, in anderen Worten, mittelst *Elektrolyte* vollzogen wäre, weil die chemischen Affinitäten zwischen solchen Elektrolyten und dem Zink eine umgekehrte Wirkung hervorrufen, die der der verdünnten Schwefelsäure widerstreben würde; wenn nun auch diese Action nur schwach ist, mufs doch die Verwandtschaft ihrer (der Elektrolyte) Bestandtheile zu einander überwältigt werden, denn sie (die Elektrolyte) können nicht leiten ohne nicht zersetzt zu werden; diese Zersetzung wirkt *erfahrungsgemäfs* auf die Kräfte zurück, welche in der Säure den Strom zu erregen trachten (904. 910 u. s. w.), und in vielen Fällen heben sie dieselben ganz auf. Wo directer Contact zwischen Zink und Platin stattfindet, werden diese Hemmkräfte nicht in Thätigkeit gesetzt, und deshalb wird dann die Erzeugung und Circulation des elektrischen Stroms, so wie die begleitende Zersetzungswirkung ungemein begünstigt.

Digitized by Google

895) Es ist jedoch klar, daſs man eine dieser entgegengesetzten Wirkungen fortlassen, und dennoch einen Elektrolyt zur Schlieſsung der Kette zwischen dem getrennt in verdünnte Säure getauchten Zink und Platin anwenden kann. Denn wenn man in Fig. 1 Taf. I das Platin mit der Zinkplatte *a* bei *x* in unmittelbarer Berührung erhält, und das Platin irgendwo, wie bei *s*, durch eine Jodidlösung unterbricht, so übt diese Lösung, weil sie auf beiden Seiten mit Platin in Berührung steht, keine chemische Verwandtschaft auf dieses Metall oder mindestens auf beiden Seiten eine gleiche aus. Ihr Vermögen, einen Strom von umgekehrter Richtung, wie der durch die Wirkung der Säure im Gefäſse *c* bedingte, hervorzurufen, ist also aufgehoben, und es bleibt nur ihr Widerstand gegen die Zersetzung durch die von der verdünnten Schwefelsäure ausgeübten Verwandtschaften zu überwältigen übrig.

896) Dieſs sind die Umstände bei einem einfachen Plattenpaar, bei dem *Metallcontact* stattfindet. In solchen Fällen haben die im Gefäſse *c* vorwaltenden Verwandtschaften nur ein Paar entgegenwirkender Verwandtschaften zu überwinden; dagegen sind zwei Paare solcher Verwandtschaften zu besiegen, wenn kein Metallcontact zugelassen ist (894).

897) Es ist für schwierig, ja für unmöglich gehalten, Körper durch den Strom eines einfachen Plattenpaars zu zersetzen, selbst wenn dieſs so kräftig wirkt, daſs es Metallstäbe zum Rothglühen bringt, wie z. B. der Hare'sche Calorimotor, wenn man ihn die Einrichtung einer einfachen Voltaschen oder der so wirksamen Wollastonschen Kette giebt. Diese Schwierigkeit entspringt gänzlich aus dem Antagonismus der den Strom erzeugenden chemischen Verwandtschaft mit der zu überwältigenden, und hängt durchaus von der relativen Intensität beider ab. Denn wenn die Summe der Kräfte jener ein gewisses Uebergewicht über die Summe der Kräfte dieser besitzt, erlangen die ersteren die Oberherrschaft,

bedingen den Strom und überwältigen die letzteren, so dafs die Substanz, welche diese letzteren äufsert, ihre Bestandtheile, sowohl der Richtung als der Menge nach, in völliger Uebereinstimmung mit dem Laufe derer ausgiebt, die die stärkere Wirkung ausüben.

898) In der Wasserzersetzung hat man im Allgemeinen ein chemisches Prüfmittel für den Durchgang eines elektrischen Stroms gesucht. Allein nun begann ich den Grund des Mifslingens einzusehen, so wie auch den einer lange zuvor von mir beim Jodkalium beobachteten Thatsache (315. 316), der nämlich, dafs Körper, nach der Beschaffenheit und Intensität ihrer gewöhnlichen chemischen Verwandtschaften, mit ungleicher Leichtigkeit durch einen gegebenen elektrischen Strom zersetzt werden. Dieser Grund schien mir in ihrer Rückwirkung auf die den Strom zu erregen suchenden Verwandtschaften zu liegen, und ich hielt es für wahrscheinlich, dafs es viele Substanzen gäbe, die durch den Strom einer einfachen, in verdünnte Schwefelsäure getauchten Zink-Platin-Kette zersetzt werden könnten, wiewohl das Wasser deren Wirkung widersteht. Ich fand bald, dafs diefs der Fall sey, und da die Versuche neue und schöne Beweise von der directen Beziehung und Gegenwirkung der den Elektricitätsstrom erzeugenden und der ihm sich widersetzenden chemischen Verwandtschaften darbieten, so werde ich sie in der Kürze beschreiben.

899) Der Apparat war wie in Fig. 5 Taf. I eingerichtet. Das Gefäfs *v* enthielt verdünnte Schwefelsäure; *Z* war die Zinkplatte, *P* die Platinplatte; *a*, *b*, *c* waren Platindrähte. Die Zersetzungen geschahen bei *x*, und gewöhnlich war bei *g* ein Galvanometer in den Bogen eingeschaltet; es ist hier nur die Stelle desselben angegeben; der Kreis bei *g* hat keine Beziehung zur Gröfse des Instruments. Bei *x* waren die Einrichtungen verschieden, je nach der Art der Zersetzung, die daselbst vorgenommen werden sollte. Sollte auf einen flüssigen Tropfen eingewirkt werden, wurden blofs die beiden

Digitized by Google

Drahtenden in denselben eingetaucht; sollte eine in den Poren von Papier enthaltene Flüssigkeit zersetzt werden, wurde einer der Drähte verbunden mit einer Platte, auf welcher das Papier lag, während der andere Draht auf dem Papier *c* ruhte (Fig. 12 Taf. I); zuweilen, wie bei Anwendung von Glaubersalz, lagen auf der Platinplatte zwei Stücke Papier, und eins der Enden von *a* und *c* ruhte auf jedem Stück *c* (Fig. 14). Die Pfeile deuten die Richtung des elektrischen Stromes an (667).

900) Eine Jodkalium-Lösung, die in damit benäfstem Papier an die Unterbrechungsstelle bei *x* gebracht worden, wurde leicht zersetzt. Das Jod entwickelte sich an der *Anode* und das Alkali an der *Kathode.*

901) Geschmolzenes *Zinnchlorür*, zersetzte sich ebenfalls leicht bei *x*, gab Zinnchlorid an der *Anode* (779) und Zinn an der *Kathode.*

902) Geschmolzenes *Chlorsilber* entwickelte Chlor an der *Anode* und glänzendes metallisches Silber an der *Kathode*, entweder in Häutchen auf der Oberfläche der Flüssigkeit oder in Krystallen darunter.

903) Mit Schwefelsäure gesäuertes Wasser, verdünnte Salzsäure, Glaubersalzlösung, geschmolzener Salpeter, geschmolzenes Chlor- oder Jodblei wurden durch ein blofs durch Schwefelsäure angeregtes einfaches Plattenpaar nicht zersetzt.

904) Diese Versuche beweisen genugsam, dafs ein einfaches Plattenpaar Körper elektrolysiren und in ihre Bestandtheile zerlegen kann. Sie zeigen auch in niedlicher Weise die directe Beziehung und Gegenwirkung der chemischen Verwandtschaften an den beiden Wirkungspunkten. In den Fällen, wo die Summe der widerstrebenden Verwandtschaften bei *x* hinreichend kleiner war als die Summe der thätigen Verwandtschaften bei *v*, fand eine Zersetzung statt; allein in den Fällen wo die erstere Summe gröfser war, widerstand der Körper der Zersetzung und kein Strom ging über (891).

905) Es ist jedoch klar, dafs die Summe der thäti-

gen Verwandtschaften bei *v* erhöht werden kann, wenn man andere Flüssigkeiten als verdünnte Schwefelsäure anwendet; im letzteren Falle ist es, glaube ich, bloſs die Verwandtschaft des Zinks zu dem im Wasser bereits mit Wasserstoff verbundenen Sauerstoff, durch deren Aeuſserung der Strom erregt wird (919); und wenn die Verwandtschaften so erhöht sind, führen die von mir vorgetragenen Ansichten zu dem Schluſs, daſs Körper, welche in den vorhergehenden Versuchen widerstanden, zersetzt werden müssen, wegen des vergröſserten Unterschiedes zwischen ihren und den so erhöht thätigen Verwandtschaften. Dieſs bestätigte sich folgendermaſsen.

906) Zu der Flüssigkeit im Gefäſse *v* wurde etwas Salpetersäure gesetzt, um eine Mischung zu erhalten, die ich verdünnte Salpeter-Schwefelsäure nennen werde. Bei Wiederholung der Versuche mit dieser Mischung wurden alle zuvor zerlegten Körper wiederum zersetzt, und zwar viel leichter. Allein überdieſs gaben jetzt viele, die zuvor der Elektrolysirung widerstanden, ihre Elemente aus. So gab Glaubersalzlösung, mit der Lackmus- und Kurkumäpapier befeuchtet worden, Säure an der *Anode* und Alkali an der *Kathode;* Salzsäure, gefärbt durch Indigo, lieferte Chlor an der *Anode* und Wasserstoff an der *Kathode*; Lösung von salpetersaurem Silber gab Silber an der *Kathode* aus. Ferner zeigten sich geschmolzener Salpeter, geschmolzenes Jodblei, geschmolzenes Chlorblei zersetzbar durch den Strom eines einfachen Plattenpaars, was früher (903) nicht der Fall war.

907) Eine Lösung von essigsaurem Blei wurde anscheinend durch dieſs Plattenpaar nicht zersetzt, auch mit Schwefelsäure angesäuertes Wasser schien anfangs nichts auszugeben (973).

908) Die Erhöhung der Intensität des von einer einfachen voltaschen Kette hervorgebrachten Stroms mit der Verstärkung der chemischen Action ist hier genugsam deutlich. Um sie jedoch in ein noch helleres Licht zu

setzen und um zu zeigen, dafs die Zersetzungswirkung in den letzteren Fällen nicht blofs von der Fähigkeit zur Entwicklung von *mehr* Elektricität abhange, wurden Versuche angestellt, bei denen die entwickelte (Elektricitäts-) Menge, ohne Veränderung in der Intensität der erregenden Ursache, vergröfsert war. So wurden die Versuche, bei denen verdünnte Schwefelsäure gebraucht war (899), mit Anwendung derselben Säure, aber grofser Platten von Zink und Platin wiederholt; allein die Körper, welche vorhin der Zersetzung widerstanden, thaten es auch jetzt. Nun nahm ich Salpeter-Schwefelsäure und tauchte in dieselbe blofse Drähte von Platin und Zink; allein ungeachtet dieser letzteren Abänderung wurden nun die Körper zersetzt, welche früher dem durch die verdünnte Schwefelsäure erregten Strom widerstanden. Salzsäure z. B. konnte durch ein einfaches, in verdünnte Schwefelsäure eingetauchtes Plattenpaar nicht zersetzt werden; Verstärkung der Schwefelsäure oder Vergröfserung des Zinks und Platins erhöhten die Wirksamkeit dieses Plattenpaars nicht; allein als ein wenig Salpetersäure zu der verdünnten Schwefelsäure gesetzt ward, erlangte die entwickelte Elektricität die Kraft, Salzsäure zu zersetzen, Chlor an der *Anode* und Wasserstoff an der *Kathode* zu entwickeln; selbst wenn die Metalle als blofse Drähte angewandt wurden. Diese Verstärkungsart der Intensität des elektrischen Stroms schliefst die von der Vermehrung der Plattenpaare oder selbst die von der Concentration der Säure abhängige Wirkung aus, und ist daher der Beschaffenheit und Stärke der in Thätigkeit gesetzten chemischen Verwandtschaften zuzuschreiben; sie kann, sowohl ihren Principien nach als in Praxis, als völlig verschieden von jeder anderen Verstärkungsart angesehen werden.

---

909) Die directe Beziehung, welche so in der einfachen voltaschen Kette zwischen der *Intensität* des elek-

trischen Stroms und der *Intensität* der an dem Orte, wo das Daseyn und die Richtung des elektrischen Stroms bedingt wird, in Thätigkeit gesetzten chemischen Action experimentell nachgewiesen ist, führt zu dem Schluſs, daſs man, bei Anwendung geeigneter Körper, wie geschmolzener Chloride, Salze, Lösungen von Säuren etc., welche auf die angewandten Metalle mit verschiedenen Graden von chemischer Kraft einwirken, und auch bei Anwendung von Metallen in Verknüpfung mit Platin oder mit anderen, welche in dem Grade der zwischen ihnen und der erregenden Flüssigkeit oder dem Elektrolyte ausgeübten chemischen Action verschieden sind — in den Stand gesetzt werde, eine Reihe von vergleichungsweise constanten, durch elektrische Ströme von verschiedener Intensität hervorgebrachten Wirkungen zu erhalten, und nach diesen eine Skale zu entwerfen, mittelst welcher durch künftige Untersuchungen die relativen Intensitätsgrade genau festzusetzen seyen.

910) Ich habe bereits über die Zersetzung an der Experimentirstelle die Ansicht aufgestellt, sie sey die directe Folge der an einem anderen Orte ausgeübten Kraft von gleicher Art mit der zu überwältigenden, und sey folglich das Resultat eines Antagonismus von Kräften *gleicher* Natur (891. 904). Die Kräfte an dem Zersetzungsort haben eine Einwirkung auf die erregenden und bestimmenden Kräfte proportional mit dem, was zur Ueberwältigung ihrer selbst erforderlich ist, und daraus entspringt das sonderbare Resultat eines *Widerstandes*, durch Zersetzungen, gegen die ursprünglich bedingende Kraft, und folglich auch den Strom. Dieſs zeigt sich gut in den Fällen, wo Körper, wie Chlorblei, Jodblei und Wasser durch den von einer einfachen Zink-Platin-Kette in Schwefelsäure erzeugten Strom nicht zersetzt werden (903), obschon es geschieht mittelst eines intensiveren, durch stärkere chemische Kräfte hervorgerufe-

Digitized by Google

nen Stroms. In dergleichen Fällen geht kein merklicher Theil des Stromes durch (967); die Wirkung ist gehemmt; und ich bin jetzt der Meinung, dafs bei dem Leitungsgesetz, welches ich in der vierten Reihe dieser Untersuchungen beschrieben habe (413), die Körper, welche im flüssigen Zustand elektrolysirt wurden, darum in fester Gestalt keine Elektrolysirung mehr erlitten, weil die Anziehungen, welche die Theilchen in Verbindung und in ihrer relativen Lage erhielten, zu mächtig waren für den elektrischen Strom. Die Theilchen blieben also in ihrer Stellung, und da die Zersetzung verhindert war, war es auch der Durchlafs der Elektricität. Wenn man auch eine Batterie von vielen Platten anwendet, wird doch, falls sie nur genau von der Art ist, dafs keine fremdartige oder indirecte Wirkung (1000) hinzutreten kann, das Ganze der die Thätigkeit jener Batterie betreffenden Verwandtschaften aufgehoben und aufgewogen.

911) In Bezug auf den *Widerstand* in einzelnen Zersetzungsfällen erhellt indefs, dafs, da diese an Stärke verschieden sind, je nach den Verwandtschaften, durch welche die Elemente der Substanz ihre Orte zu behalten streben, sie auch Fälle liefern werden, die eine Reihe von Graden ausmachen, durch welche die ursprünglichen Intensitäten einfacher voltascher oder anderer Elektricitätsströme gemessen werden können, und welche, verbunden mit der durch die verschiedenen Grade der *wirkenden Kraft* bestimmten Intensitätsskale (909), wahrscheinlich eine hinreichende Reihe von Unterschieden darbieten werden, um fast jedem wichtigen Fall, wo eine Bezugnahme auf die Intensität erforderlich wäre, zu begegnen.

912) Nach den Versuchen, welche ich bisher habe anstellen können, finde ich, dafs die folgenden Körper elektrolytisch sind in nachstehender Ordnung, worin jeder durch einen schwächeren Strom zersetzt wird als der

Digitized by Google

nächstfolgende. Diese Ströme waren immer die eines einfachen Plattenpaars, und können als elementare *voltasche Ströme* angesehen werden.

Jodkalium (gelöst)
Chlorsilber (geschmolzen)
Zinnchlorür (geschmolzen)
Chlorblei (geschmolzen)
Jodblei (geschmolzen)
Salzsäure (gelöst)
Wasser, gesäuert durch Schwefelsäure.

913) Bei allen Bemühungen, die zur Zersetzung verschiedener Körper erforderliche relative elektrolytische Intensität zu bestimmen, ist es wesentlich, daſs man die Natur der Elektrode und der anderen anwesenden Körper, welche secundäre Actionen begünstigen könnten (986) beachte. Wenn bei einer Elektro-Zersetzung eins der abgeschiedenen Elemente eine Verwandtschaft zu der Elektrode oder zu den in der umgebenden Flüssigkeit befindlichen Körpern besitzt, so wird dadurch die der Zersetzung widerstrebende Verwandtschaft zum Theil aufgewogen, und man findet nicht den wahren Ort des Elektrolyts in einer Tafel der obigen Art. So verbindet sich Chlor mit der positiven Platinelektrode leicht, Jod aber beinahe gar nicht, und daher, glaube ich, steht das Chlorid in der vorhergehenden Tafel oben an [1]). Wenn ferner bei der Wasserzersetzung nicht bloſs Schwefelsäure, sondern auch etwas Salpetersäure zugegen ist, so wird das Wasser leichter zersetzt, denn der Wasserstoff an der *Kathode* wird zuletzt nicht ausgetrieben, sondern findet in der Salpetersäure Sauerstoff, mit dem er sich zu einem secundären Resultat verbinden kann. Auf diese Weise sind die der Zersetzung widerstrebenden Verwandtschaften geschwächt, und die Bestandtheile des Wassers können durch einen Strom von geringerer Intensität getrennt werden.

914) Dieses Princip kann man benutzen, um in der

1) *That the chlorid stands first* u. s. w.

Digitized by Google

bereits (909. 911) erwähnten Skale der Initial-Intensitäten kleinere Grade, als daselbst vorausgesetzt wurden, zu interpoliren; denn indem man die Kraft eines Stroms von *constanter* Intensität verbindet mit dem Gebrauch von Elektroden, die zu den aus dem zersetzten Elektrolyt entwickelten Elementen mehr oder weniger Verwandtschaft haben, lassen sich verschiedene intermediäre Grade erhalten.

---

915) Kehren wir zu der Erörterung über die Herkunft der Elektricität (878 etc.) zurück, so giebt es einen andern Beweis der vollkommensten Art, daſs der Metallcontact nichts mit der *Erzeugung* der Elektricität in der voltaschen Kette zu schaffen habe, und ferner, daſs die Elektricität nur eine andere Art der Aeuſserung chemischer Kräfte sey. Diesen Beweis giebt die Erzeugung des *elektrischen Funkens* ehe der Metallcontact vollzogen ist, bloſs durch die Wirkung *rein und ungemischt chemischer Kräfte.* Der Versuch, den ich weiterhin beschreiben werde (956), besteht in der Darstellung eines elektrischen Funkens durch Vollziehung des Contacts zwischen einer Zink- und Kupferplatte, die beide in verdünnte Schwefelsäure eingetaucht sind. Um die Vorrichtung so einfach als möglich zu machen, wurden keine amalgamirten Flächen angewandt, sondern der Contact durch einen Kupferdraht vollzogen, der mit der Kupferplatte verbunden war, und dann mit einer blanken Stelle der Zinkplatte in Berührung gesetzt ward. Nun erschien der elektrische Funke, der also nothwendigerweise übergesprungen seyn muſste, *ehe Zink und Kupfer in Berührung kamen.* (*The electric spark appeared, and it must of necessity have existed and passed before etc.*)

916) Um die Grundsätze deutlicher zu machen, welche ich aufzustellen bemüht gewesen bin, will ich sie, nach meiner jetzigen Ansicht, in ihrer einfachsten Form

Digitized by Google

aus einander setzen. Die Elektricität der voltaschen Säule (856 Anmerk.) ist, sowohl ihrem Ursprunge als ihrer Fortdauer nach, nicht abhängig von der gegenseitigen Berührung der Metalle (880. 915). Sie rührt gänzlich von chemischer Wirkung her (882), und ist in ihrer Intensität proportional den zu ihrer Erzeugung beitragenden Verwandtschaften (908), so wie ihrer Menge nach proportional der Menge von Substanz, welche während ihrer Entwicklung chemisch thätig ist (869). Diese feste Erzeugung ist wiederum einer der strengsten Beweise, dafs die Elektricität chemischen Ursprungs ist.

917) Wie die Erzeugung der voltaschen Elektricität (*volta-electro-generation*) ein Fall von chemischer Action ist, so ist auch die Zersetzung durch voltasche Elektricität (*volta-electro-decomposition*) ein blofser Fall von dem Uebergewicht einer Gruppe (*set*) von kräftigeren chemischen Verwandtschaften über eine andere Gruppe von schwächeren; und wenn man das Beispiel zweier entgegenwirkender Gruppen solcher Kräfte (891) erwägt, und sich ihrer wechselseitigen Beziehung und Abhängigkeit erinnert, scheint es nicht nöthig, in Bezug auf solche Fälle, einen andern Ausdruck als den: chemische Verwandtschaft zu gebrauchen (wiewohl der: Elektricität, sehr passend seyn mag), so wenig es nöthig ist irgend ein neues Agens als mitwirkend zur Erzeugung der Resultate vorauszusetzen; denn wir können annehmen, dafs die Kräfte an den beiden Orten der Wirkung durch Vermittlung der Metalle (Fig. 4 Taf. I) in directer Gemeinschaft stehen und gegen einander balancirt werden (891), auf ähnliche Art wie es bei mechanischen Kräften mittelst des Hebels der Fall ist (1031).

918) Alle diese Thatsachen zeigen uns, dafs die Kraft, die man gewöhnlich chemische Verwandtschaft nennt, durch Metalle und gewisse Kohlenarten in Distanz mitgetheilt werden kann, dafs der elektrische Strom nur eine andere Form der chemischen Verwandtschaftskräfte

Digitized by Google

ist, dafs seine Kraft den ihn erzeugenden chemischen Verwandtschaften proportional geht, dafs wenn er Mangel an Kraft leidet, ihm durch chemische Kräfte aufgeholfen werden kann, dafs der Mangel der ersteren durch ein Aequivalent der letzteren ersetzt wird; dafs, mit anderen Worten, die Kräfte, welche man Affinität und Elektricität nennt, eins und dasselbe sind.

919) Prüft und vergleicht man die Umstände bei der Erzeugung der Elektricität in der gewöhnlichen voltaschen Kette, so erhellt, dafs die Quelle jenes Agens, darunter immer die Elektricität verstanden, welche circulirt und den Strom in dem voltaschen Apparat vervollständigt, diesem Apparate Kraft und Charakter giebt (947. 996), existirt in der chemischen Action, welche direct stattfindet zwischen dem Metall und dem sich mit diesem verbindenden Körper, und durchaus nicht in der späteren Wirkung der dabei erzeugten Substanz auf die vorhandene Säure [1]). So ist, wenn Zink, Platin und verdünnte Schwefelsäure gebraucht werden, die Vereinigung des Zinks mit dem Sauerstoff des Wassers das Bedingende des Stroms; und wiewohl die Säure wesentlich ist zur Fortschaffung des dabei gebildeten Oxyds, damit eine andere Portion Zink auf eine andere Portion Wasser wirken könne, so bringt sie doch durch Verbindung mit jenem Oxyde keine merkliche Portion des circulirenden Stroms hervor. Denn die Quantität der Elektricität hängt ab von der Quantität des oxydirten Zinks und hat ein festes Verhältnifs zu derselben; und die Intensität der Elektricität ist proportional der Verwandtschaft des Zinks zu dem Sauerstoff unter den obwaltenden Umständen, und sie erleidet kaum, wenn überhaupt irgend, eine Abänderung durch den Gebrauch von starker oder schwacher Säure (908).

920) Wenn ferner Zink, Platin und Salzsäure gebraucht werden, scheint die Elektricität von der Ver-

1) Wollaston, *Philosoph. Transact.* 1801, *p.* 427.

Digitized by Google

wandtschaft des Zinks zum Chlor abzuhängen, und genau im Verhältnifs zu der, in der That zu einander aequivalenten Anzahl der sich verbindenden Zink- und Chlortheilchen in Circulation gesetzt zu werden.

921) Allein, wenn man die Oxydation oder eine andere directe Einwirkung auf das *Metall* selbst als die Ursache und Quelle des elektrischen Stroms betrachtet, ist es von der äufsersten Wichtigkeit zu bemerken, dafs der Sauerstoff oder andere Körper sich in einem besonderen Zustand, nämlich in dem Zustand der *Verbindung* befinden mufs, und nicht blofs diefs, sondern, ferner beschränkt, in einem solchen Verbindungszustand und solchem Verhältnifs, worin er einen *Elektrolyten* constituirt (823). Eine Zink- und eine Platinplatte, in Sauerstoffgas mit einander verknüpft, vermögen nicht einen elektrischen Strom zu erzeugen oder als eine voltasche Kette zu wirken, selbst wenn man die Temperatur so steigert, dafs das Zink sich bei weitem rascher oxydirt als im Fall das Plattenpaar in verdünnte Schwefelsäure getaucht wäre, denn dieser Sauerstoff macht keinen Theil eines Elektrolyten aus, und kann daher die Kräfte vermittelst Zersetzung oder gar wie die Metalle durch sich selbst nicht weiter leiten. Sollte jemand an den gasigen Zustand Anstofs nehmen, so denke er sich flüssiges Chlor. Diefs erregt, indem es sich mit dem Zink verbindet, keinen Elektricitätsstrom durch die beiden Platten, denn seine Theilchen können nicht die an dem Verbindungspunkt thätige Elektricität zu dem Platin durchleiten. Es ist an sich kein Leiter wie die Metalle, auch ist es kein Elektrolyt, also während der Zersetzung nicht der Leitung fähig, und folglich findet an der Stelle eine blofse chemische Action und kein elektrischer Strom statt [1]).

1) Ich will nicht behaupten, dafs in solchen Fällen gar keine Spuren von Elektricität erscheinen. Ich meine nur, dafs auf keine Weise Elektricität erregt werde, die von den die voltasche Elektricität erregenden Ursachen herrührte, oder zu ihnen Bezug hätte,

Digitized by Google

922) Man könnte auf den ersten Blick vermuthen, ein leitender, aber nicht elektrolytischer, Körper vermöge die dritte Substanz zwischen dem Zink und Platin abzugeben, und wahr ist es, dafs es dergleichen giebt, welche fähig sind, eine chemische Wirkung auf die Metalle auszuüben. Sie müssen jedoch aus den Metallen selbst genommen werden, denn aufser diesen und der Kohle giebt es keine Substanzen dieser Art. Um diesen Gegenstand durch einen Versuch zu entscheiden, machte ich die folgende Vorrichtung. Von geschmolzenem Zinn brachte ich so viel in eine V-förmig gebogene Röhre, dafs deren Arme zur Hälfte gefüllt wurden (Fig. 6 Taf. I) und steckte darauf zwei dicke Platindrähte bis zu einer gewissen Tiefe in das Zinn, liefs nun das Ganze erkalten, und verband die Enden p und w mit einem empfindlichen Galvanometer. Darauf erhitzte ich bei x die Röhre aufs Neue, während der Arm y kalt gelassen wurde. Sogleich wurde das Galvanometer durch den thermoelektrischen Strom ergriffen. Ich steigerte die Hitze bei x fortwährend, bis endlich Zinn und Platin sich daselbst verbanden, was bekanntlich unter einer starken chemischen Action und lebhafter Erglühung geschieht; allein dennoch wurde die Wirkung auf das Galvanometer nicht im Mindesten dabei erhöht. Während der ganzen Zeit war keine andere Ablenkung zu beobachten als die von dem thermo-elektrischen Strom herrührende. Wiewohl hier also ein Leiter, und zwar ein chemisch auf das Zinn wirkender, angewandt wurde, liefs sich doch, da derselbe kein *Elektrolyt* war, nicht die geringste Wirkung eines elektrischen Stroms verspüren (947).

oder ihnen proportional wäre. Die zuweilen auftretende Elektricität ist der kleinst mögliche Bruch von der, welche die thätige Substanz erzeugen kann, wenn sie zu einer voltaschen Wirkung vorgerichtet wird; wahrscheinlich ist sie von dieser nicht $\frac{1}{1000000}$, selbst nicht $\frac{1}{10000000}$, und sehr wahrscheinlich stammt sie aus einer ganz anderen Quelle her.

Digitized by Google

923) Diesem nach ist es augenscheinlich, dafs die Eigenthümlichkeit eines Elektrolyte ein wesentlicher Theil der voltaschen Kette ist; und wenn man die Natur eines Elektrolyten in Betracht zieht, ergeben sich gute Gründe, warum er, und nur er allein, wirksam seyn kann. Ein Elektrolyt ist immer ein zusammengesetzter Körper; er ist leitend, aber nur während er zersetzt wird. Seine Leitung hängt ab von seiner Zersetzung und von der *Fortführung seiner Theilchen* in parallelen Richtungen mit dem Strom; und so innig ist diese Verknüpfung, dafs wenn der Fortführung Einhalt geschieht, auch der Strom gehemmt ist, wenn die Bahn der ersteren verändert wird, die Bahn und Richtung des letzteren ebenfalls geändert werden. Die Theilchen eines elektrolytischen Körpers sind alle so wechselseitig verknüpft, stehen, durch ihre ganze Erstreckung in Richtung des Stroms, in solcher Beziehung zu einander, dafs, wenn das letzte nicht abgegeben wird, das erste auch nicht die Freiheit hat, in die neue Verbindung einzugehen, welche die kräftige Verwandtschaft des wirksamsten Metalls zu erzeugen trachtet; und dann ist der Strom selbst gehemmt; denn die Abhängigkeiten des Stroms und der Zersetzung sind so gegenseitig, dafs wer von ihnen ursprünglich bedingt seyn mag, d. h. ob die Bewegung der Theilchen oder die Bewegung des Stroms, die eine unveränderlich in Begleitung der anderen erzeugt wird und in Beziehung zu ihr steht.

924) Betrachten wir nun Wasser als den Elektrolyten und auch als den oxydirenden Körper. Die Anziehung des Sauerstoffs zum Zink ist unter diesen Umständen gröfser als die des Sauerstoffs zum Wasserstoff; allein indem er sich mit dem Zink verbindet, sucht er einen Elektricitätsstrom in gewisser Richtung in Circulation zu setzen. Diese Richtung hängt zusammen (wie durch unzählige Versuche gefunden) mit der Uebertragung des Wasserstoffs vom Zink zum Platin hin, und mit der ent-

Digitized by Google

gegengesetzten Fortführung von frischem Sauerstoff vom Platin abwärts gegen das Zink, so dafs der Strom nur in Einer Linie *fortschreiten kann*, und während er fortschreitet, mit Erneuerung der Vorgänge auf der Zinkfläche, die anfangs zugleich die Combination und Circulation bedingten, bestehen und sie begünstigen kann. Daher die Fortdauer sowohl der Wirkung daselbst als die des Stroms. Es ergiebt sich mithin als ganz eben so wesentlich, dafs ein Elektrolyt in der Kette zugegen sey, damit die Wirkung in einer *gewissen constanten Richtung* vorwärts geführt werden könne, als dafs ein oxydirender oder ein anderer direct auf das Metall zu wirken fähiger Körper daselbst befindlich sey; und es zeigt sich auch als nothwendig, dafs beide Umstände in einen zusammenfliefsen, oder dafs der direct auf das Metall chemisch einwirkende Körper eins von den *Ionen* des angewandten Elektrolyten sey. Mag nun der voltasche Apparat durch die Lösung einer Säure, oder eines Alkalis, oder Sulphurets, oder durch eine geschmolzene Substanz (476) angeregt worden seyn, so ist dieser Körper bisher doch immer, so viel ich weifs, ein *Anion* (943) gewesen; und ich schliefse aus einer Betrachtung über die Principien der elektrischen Action, dafs es nothwendig ein Körper dieser Klasse seyn mufs.

925) Betrachtet man die Wirkung der in der voltaschen Kette angewandten Schwefelsäure, so findet man, dafs sie unzulänglich ist, durch ihre Verbindung mit dem gebildeten Oxyd, irgend eine merkliche Portion der Elektricität des Stroms hervorzubringen, aus dem einfachen Grunde, weil ihr eine der wesentlichsten Bedingungen abgeht. Sie bildet keinen Theil eines Elektrolyten, noch steht sie in Beziehung zu irgend einem in der Lösung anwesenden Körper, welcher eine gegenseitige Ueberführung der Theilchen und die damit verknüpfte Ueberführung der Elektricität erlaubte. Freilich, da die Fläche, an welcher die Säure das durch Wirkung des Was-

sers gebildete Oxyd auflöst, mit dem metallischen Zink in Berührung steht, so scheint keine Schwierigkeit in der Betrachtung, daſs das Oxyd daselbst einen, seiner chemischen Wirkung auf die Säure proportionalen elektrischen Zustand dem ohne Zersetzung leitenden Metall mittheilen könne. Allein an der Seite der Säure ist keine Substanz zur Vervollständigung des Stroms da; das Wasser als Wasser kann ihn nicht leiten, oder wenigstens einen so kleinen Antheil, daſs die Wirkung rein zufällig und fast unwahrnehmbar ist (970); und als ein Elektrolyt kann es ihn nicht leiten, weil ein Elektrolyt vermöge der *gegenseitigen* Beziehung und Wirkung seiner Theilchen leitet, und weil weder eins der Elemente des Wassers noch das Wasser selbst, so weit wir beobachten können, gegen Schwefelsäure ein *Ion* ist (848) [1]).

926) Diese Ansicht von dem secundären Charakter der Schwefelsäure als eines Agens bei der Erzeugung des voltaschen Stroms wird ferner unterstützt durch die Thatsache, daſs der erzeugte und durchgelassene Strom direct und genau proportional ist der Menge des zersetzten Wassers und der Menge des oxydirten Zinks (868. 991), und er ist derselbe wie der, welcher zur Zersetzung einer gleichen Menge Wasser erfordert wird. Da also die Wasserzersetzung zeigt, daſs sie die Elektricität hergegeben hat, so bleibt keine andere Elektricität zu erklären, oder irgend eine andere Wirkung als die zwischen dem Zink und dem Wasser stattfindende herzuleiten übrig.

927) Der allgemeine Fall (denn er schlieſst den früheren (924) ein) bei Säuren und Basen läſst sich theoretisch folgendermaſsen angeben. Es sey *a* (Fig. 7 Taf. 1) eine trockne Sauerstoffsäure und *b* eine trockne

1) Man sieht, dieſs stimmt mit Humphry Davy, welcher experimentell zu der Ansicht gelangte, daſs Säuren und Alkalien bei ihrer Verbindung keinen elektrischen Strom hervorrufen. *Philosoph. Transact. f.* 1826, *p.* 398.

Base, die sich in *c* berühren, und an ihren Enden durch die Platinplatten *p*, *p* und den Platindraht *w* in elektrischer Gemeinschaft steht. Wenn nun auch Säure und Base flüssig wären und bei *c* eine Verbindung stattfände, mit einer so mächtigen Verwandtschaft, dafs sie einen elektrischen Strom hervorzurufen vermöchte, so würde der Strom doch nicht in einem bedeutenden Grade circuliren, weil erfahrungsmäfsig weder *a* noch *b* ohne Zersetzung leiten können, denn sie sind unter allen Umständen, ausgenommen gegen sehr schwache Ströme (970. 986) entweder Elektrolyte oder sonst Isolatoren. Nun sind die Verwandtschaften bei *c* nicht von der Art, dafs sie die Elemente von *a* oder *b* zu trennen suchten, sondern sie haben nur das Bestreben, beide Körper zu einem Ganzen zu vereinigen. Der Wirkungsort ist daher isolirt, die Wirkung selbst local (921. 947) und es kann kein Strom zu Stande kommen.

928) Wenn Säure und Base in Wasser gelöst sind, dann ist es möglich, dafs ein kleiner Antheil der von chemischer Wirkung herrührender Elektricität von dem Wasser ohne Zersetzung fortgeleitet werde (966. 984); allein dieser Antheil wird so klein seyn, dafs er zu dem, welcher von dem Aequivalenten der chemischen Kraft herrührt, in gar keinem Verhältnifs steht; und da er nicht die wesentlichen Principien der voltaschen Säule involvirt, gehört er nicht zu den hier untersuchten Erscheinungen [1]).

929) Wenn statt der Sauerstoffsäure eine Wasserstoffsäure, z. B. Salzsäure, genommen wird (927), so

1) Es versteht sich, glaube ich, von selbst, dafs ich hier nicht behaupte, jede kleine, zufällige und blofs mögliche Wirkung, die während der chemischen Action aus unbedeutenden Störungen des elektrischen Fluidums entspringen kann, in Rechnung zu ziehen, sondern blofs suche die Actionen, von denen die Kraft der voltaschen Batterie wesentlich abhängt, zu unterscheiden und zu identificiren.

Digitized by Google

sind die Umstände ganz verändert; dann kann ein Strom, entsprungen aus der chemischen Wirkung der Säure auf die Base, möglicherweise stattfinden. Allein nun wirken beide Körper als Elektrolyte, denn jeder liefert nur einen Bestandtheil zur gegenseitigen Verbindung, z. B. einer Chlor, der andere Metall; und der Wasserstoff der Säure und der Sauerstoff der Base stehen bereit, mit dem Chlor der Säure und dem Metall der Base in Uebereinstimmung mit dem Strom, und gemäfs den allgemeinen bereits ausführlich entwickelten Grundsätzen, zu wandern.

930) Die Ansicht, dafs die Oxydation oder eine andere *directe* chemische Einwirkung auf das Metall die alleinige Ursache des elektrischen Stroms in der gewöhnlichen voltaschen Säule sey, wird unterstützt durch die Vorgänge, welche stattfinden, wenn Lösungen von Alkalien oder Schwefelalkalien (931. 943) statt der verdünnten Schwefelsäure als elektrolytische Leiter angewandt werden. Die bereits (884) erwähnten Versuche ohne Metallcontact und mit alkalischen Lösungen als erregende Flüssigkeiten wurden gerade zur Erläuterung dieses Punkts angestellt.

931) Es wurden nun die Versuche über die Zersetzung der Körper durch ein einfaches Plattenpaar wiederholt (899), jedoch unter Anwendung einer Aetzkalilauge, statt der Schwefelsäure, in dem Gefäfse *v* (Fig. 5 Taf. I), und mit Benutzung der Vortheile, die der Metallcontact darbietet (895). Alle Erscheinungen waren den früheren gleich; das Galvanometer wurde abgelenkt; Lösungen von Jodkalium, salpetersaurem Silber, Salzsäure und Glaubersalz wurden bei *x* zersetzt; und die Orte, wo die abgeschiedenen Bestandtheile erschienen, so wie die Ablenkungen des Galvanometers zeigten einen Strom an von *gleicher* Richtung, wie wenn Säure im Gefäfse *v* war, d. h. derselbe ging vom Zink durch die Lösung zum Platin, und zurück durch das Galvanometer und zersetzt werdende Agens zu dem Zink.

Digitized by Google

932) Die Aehnlichkeit in der Wirkung der verdünnten Schwefelsäure und der Kalilauge geht indeſs noch viel weiter, selbst bis zur Identität sowohl in der *Menge* als in der *Richtung* der erzeugten Elektricität. Eine amalgamirte Zinkplatte erleidet für sich in einer Kalilauge keine merkliche Einwirkung; berührt man sie aber in der Lösung mit einer Platinplatte, so wird an der Oberfläche dieser letzteren Wasserstoff entwickelt, und das Zink oxydirt genau wie wenn es in verdünnte Schwefelsäure eingetaucht wäre (863). Demgemäſs wiederholte ich den zuvor beschriebenen Versuch mit gewogenen Zinkplatten (864 etc.), gebrauchte aber dabei Kalilauge statt verdünnter Schwefelsäure. Wiewohl eine viel längere Zeit, als bei Anwendung von Säure erfordert wurde, nämlich drei Stunden für die Oxydation von 7,55 Gran Zink, so fand ich doch, daſs der an der Platinplatte entwickelte Wasserstoff zu dem an der Zinkoberfläche gebildeten Oxyde aequivalent war. Mithin findet die ganze Schluſsfolge, welche auf das frühere Beispiel anwendbar war, auch hier seine Anwendung: der Strom geht in derselben Richtung, und ihre zersetzende Wirkung hat gleichen Grad von Stärke, wie wenn Säure statt des Alkalis angewandt worden wäre (688).

933) Es scheint mir daher der Beweis vollständig, daſs die Verbindung der Säure mit dem Oxyd in dem vorhergehenden Versuch nichts mit der Erzeugung des elektrischen Stroms zu schaffen habe; denn derselbe Strom wird erzeugt, wenn statt der Wirkung der Säure die umgekehrte des Alkalis zugegen ist. Ich glaube nicht, daſs man für einen Moment annehmen könne, das Alkali wirke chemisch als eine Säure auf das gebildete Oxyd. Im Gegentheil führen unsere allgemeinen chemischen Kenntnisse zu dem Schluſs, daſs die gewöhnlichen Metalloxyde eher als Säuren denn als Alkalien wirken; und doch würde diese Art von Wirkung im gegenwärtigen Fall einen umgekehrten Strom zu erregen trachten, wenn das

Digitized by Google

Oxyd des erregenden Metalls bei seiner Verbindung mit dem dazu vorhandenen Körper überhaupt einen Strom hervorbrächte. Allein statt irgend einer Verschiedenheit dieser Art war die Richtung der Elektricität constant, und die Menge derselben auch proportional dem zersetzten Wasser oder dem oxydirten Zink. Man hat Gründe zu glauben, dafs Säuren und Alkalien, wenn sie mit Metallen in Contact stehen, auf die sie nicht direct einwirken können, doch einen Einflufs auf deren Anziehungen zum Sauerstoff (941) ausüben. Allein alle Wirkungen in den obigen Versuchen beweisen, glaube ich, dafs es die nothwendig von der Elektrolysirung des Wassers (921. 923) abhängige und mit ihr verknüpfte Oxydation des Metalles ist, welche den Strom erzeugt; dafs die Säure oder das Alkali blofs als Lösemittel wirkt, durch Fortschaffung des oxydirten Zinks anderen Portionen gestattet neues Wasser zu zersetzen und so die Entwicklung oder Bestimmung des Stromes unterhält.

934) Ich änderte nun die Versuche dahin ab, dafs ich eine Ammoniaklösung statt der Kalilösung anwandte, und da sie im Zustande der Reinheit ein schlechter Leiter ist, wie das Wasser (554), wurde sie durch Zusatz von schwefelsaurem Ammoniak leitender gemacht. Allein in allen Fällen waren die Wirkungen dieselben wie vorhin; Zersetzungen gleicher Art fanden statt, und der elektrische Strom, welcher dieselben hervorrief, hatte dieselbe Richtung wie in den eben beschriebenen Versuchen.

935) Um die gleiche und ähnliche Wirkung von Säure und Alkali auf eine noch strengere Probe zu stellen, wurden Vorrichtungen wie in Fig. 8 Taf. I gemacht. Das Glasgefäfs *A* enthielt verdünnte Schwefelsäure, das andere *B* eine verdünnte Kalilauge, *PP* war eine in beide Flüssigkeiten eingetauchte Platinplatte, und *ZZ* waren amalgamirte Zinkplatten, die mit einem empfindlichen Galvanometer in Verbindung standen. Wenn diese gleichzeitig in die beiden Gefäfse getaucht wurden, zeigte

Digitized by Google

sich gewöhnlich zuerst eine schwache Wirkung, und zwar zu Gunsten des Alkalis, d. h. der elektrische Strom suchte durch die Gefäfse in Richtung des Pfeils zu gehen, also in umgekehrter Richtung, wie sie von der Säure in *A* allein hervorgebracht worden seyn würde. Allein die Wirkung hörte augenblicklich auf und die Wirkung der Platten in den Gefäfsen war so gleich, dafs, da sie wegen der umgekehrten Stellung der Platten entgegengesetzt war, kein permanenter Strom daraus entsprang.

936) Manchmal nahm ich statt der Platte *PP* eine Zinkplatte, und statt den Platten *ZZ* Platinplatten; allein diefs verursachte keinen Unterschied; auch eine Kupferplatte als mittlere Platte angewandt, brachte keine Aenderung hervor.

937) Da die Entgegenstellung der elektromotorischen Plattenpaare andere Resultate erzeugte, als die von dem blofsen Unterschied ihrer unabhängigen Wirkungen herrührenden (1011. 1045), so ersann ich eine andere Form des Apparats, wobei die Wirkung der Säure und des Alkalis noch directer verglichen werden konnte. Ein cylindrisches Glasgefäfs, inwendig etwa zwei Zoll tief und einen Zoll im Durchmesser, von wenigstens einen Viertelzoll dicken Wänden, wurde in der Mitte herunter in zwei Hälften zerschnitten (Fig. 9 Taf. I). Ein breiter Messingring, von gröfserem Durchmesser als das Gefäfs, wurde mit einer Schraube versehen und um die beiden Hälften gelegt, so dafs wenn man die Schraube fest anzog, diese Hälften zu einem wasserdichten Gefäfs gegen einander gedrückt wurden. Fliefspapier von verschiedenen Graden der Permeabilität wurde nun in Stücke von solcher Gröfse zerschnitten, dafs es leicht zwischen die gelösten Hälften des Gefäfses eingeschoben werden konnte, und wenn diese darauf wieder dicht zusammen geschraubt wurden, eine poröse Scheidewand in der Mitte des Gefäfses bildete, die zweien Flüssigkeiten zu beiden Seiten derselben keine andere als eine sehr langsame Vermi-

Digitized by Google

schung gestattete, aber ihnen doch erlaubte ungehindert als Ein Elektrolyt zu wirken. Die beiden so gebildeten Räume will ich die Zellen *A* und *B* nennen (Fig. 10 Taf. I). Diefs Instrument habe ich bei Untersuchung der Beziehungen von Flüssigkeiten und Metallen unter sich und unter einander von sehr allgemeiner Anwendbarkeit gefunden. Verbindet man es noch mit einem Galvanometer, so ist es leicht damit die Beziehung eines Metalls zu zwei Flüssigkeiten, oder zweier Metalle zu einer Flüssigkeit, oder zweier Flüssigkeiten zu zwei Metallen auszumitteln.

938) Verdünnte Schwefelsäure vom specifischen Gewicht 1,25 wurde in die Zelle *A* gegossen und eine starke Lösung von Aetzkali in die Zelle *B*. Sie mischten sich langsam durch das Papier, und zuletzt bildete sich auf dem Papier, zur Seite des Alkalis, eine dicke Kruste von schwefelsaurem Kali. In jede Zelle wurde eine saubere Platinplatte eingesteckt und mit einem empfindlichen Galvanometer verbunden; allein es konnte kein elektrischer Strom beobachtet werden. Also war der *Contact* der Säure mit der einen Platinplatte und der des Alkalis mit der andern unfähig einen Strom zu erzeugen, und eben so wenig war die Verbindung der Säure mit dem Alkali wirksamer (925).

939) Wurde eine der Platinplatten fortgenommen und durch eine Zinkplatte ersetzt, so entstand, diese mochte amalgamirt seyn oder nicht, ein starker elektrischer Strom. Allein es war gleich, ob das Zink in die Säure, und das Platin in das Alkali getaucht, oder die umgekehrte Anordnung gotroffen war: immer ging der elektrische Strom vom Zink durch den Elektrolyten zum Platin, und von da durch das Galvanometer zurück zu dem Zink. Am stärksten schien der Strom zu seyn, wenn das Zink in dem Alkali und das Platin in der Säure befindlich war.

940) Bei diesen Versuchen schien also die Säure

Digitized by Google

kein Uebergewicht über das Alkali zu haben, vielmehr schwächer als dieses zu seyn. Folglich hat man auch keinen Grund zu der Annahme, die Verbindung des gebildeten Oxyds mit der umgebenden Säure habe einen directen Einfluſs auf die Hervorbringung der erregten Elektricität; vielmehr scheint diese ganz von der Oxydation des Metalles herzurühren (919).

941) In der That hat das Alkali ein Uebergewicht über die Säure in der Fähigkeit, das Metall in den sogenannten positiven Zustand zu versetzen. Denn wenn Platten von gleichem Metall, z. B. Zink, Zinn, Blei oder Kupfer zugleich in die Säure und das Alkali eingetaucht werden, geht der elektrische Strom von dem Alkali durch die Zelle zur Säure und zurück durch das Galvanometer zum Alkali, wie schon Humphry Davy früher angegeben [1]). Dieser Strom ist so mächtig, daſs wenn man amalgamirtes Zink oder Zinn oder Blei anwendet, das Metall in der Säure, sogleich wie es mit dem Metall in dem Alkali verbunden wird, Wasserstoffgas entwickelt, nicht vermöge einer directen Einwirkung der Säure auf sich, denn wenn der Contact unterbrochen wird, hört die Wirkung auf, sondern weil es in Bezug auf das Metall in dem Alkali stark negativ wird.

942) Die Ueberlegenheit des Alkalis geht ferner daraus hervor, daſs, wenn man Zink und Zinn, oder Zinn oder Blei anwendet, das in dem Alkali befindliche Metall, was für eins es auch sey, positiv wird, und das in der Säure negativ. Was für ein Metall sich auch im Alkali befinde, so wird es doch oxydirt; das in der Säure dagegen behält seinen Metallglanz, so weit dieſs vom elektrischen Strom abhängt.

943) Dasselbe ergiebt sich auch, wenn man Lösungen von Sulphureten anwendet (930), um zu zeigen, daſs

1) *Elements of chemical Philosophy*, *p.* 149, oder *Phil. Transact.* 1826, *p.* 403.

es die chemische Wirkung des Metalls und eines der *Ionen* des angewandten Elektrolyten sey, welche alle Elektricität der voltaschen Kette erzeugt. So geht der Strom, wenn Eisen und Kupfer in verdünnte Säuren getaucht werden, von dem Eisen durch die Flüssigkeit zum Kupfer, wie Humphry Davy gezeigt hat [1]); in Kalilauge hat er dieselbe Richtung, aber in einer Lösung von Schwefelkalium geht er umgekehrt. In den beiden ersten Fällen ist es der mit dem Eisen sich verbindende Sauerstoff, in dem letzteren der mit dem Kupfer sich verbindende Schwefel, durch den der elektrische Strom erzeugt wird. Allein diese beiden *Ionen* existiren als solche in dem gleichzeitig zersetzt werdenden Elektrolyt; und was mehr ist, sie beide sind *Anionen*, denn sie entlassen die Elektrolyten an ihren *Anoden*, und wirken gerade wie Chlor, Jod oder irgend ein anderes *Anion* gewirkt haben würde, welches statt der zuvor die voltasche Kette in Thätigkeit setzenden genommen worden wäre.

944) Der folgende Versuch vervollständigt die Reihe der Beweise über den Ursprung der Elektricität in der voltaschen Säule. Ein flüssiges Amalgam von Kalium, von diesem Metall nicht mehr als ein Hundertel enthaltend, wurde in Wasser gebracht und durch ein Galvanometer mit einer in demselben Wasser befindlichen Platinplatte verbunden. Sogleich ging ein elektrischer Strom von dem Amalgam durch den Elektrolyt zum Platin. Dieser Strom konnte nur durch die Oxydation des Metalls hervorgerufen seyn, denn es war weder eine Säure noch ein Alkali vorhanden, um sich mit ihm zu verbinden oder auf ihn einzuwirken.

945) Ferner brachte ich eine Platin- und eine blanke Bleiplatte in *reines* Wasser. Sogleich ging ein starker Strom von dem Blei durch die Flüssigkeit zum Platin. Er war sogar so stark, dafs er eine Jodkalium-Lösung zersetzte; die, bei Anwendung des schon (880) Fig. 1 be-

1) *Elements of chemical Philosoph. p.* 148.

beschriebenen Apparat in die Kette gebracht worden war. Hier gab es keine Wirkung von Säure oder Alkali auf das aus dem Blei gebildete Oxyd, welche die Elektricität geliefert haben könnte; diese rührte also bloſs von der Oxydation des Metalles her.

---

946) Es giebt, meiner Meinung nach, in der Elektricitätslehre keinen wichtigeren Punkt, als den Zustand des Metalls und des elektrolytischen Leiters in der einfachen voltaschen Kette *vor* und *in dem* Augenblick der ersten Vollziehung des Metallcontacts. Verständen wir ihn recht, würde uns sicher der Schlüssel zu den Gesetzen, nach denen die groſse Mannigfaltigkeit der directen und zufälligen voltaschen Erregungen vor sich geht, unmittelbar gegeben und viele neue Felder für die Untersuchung geöffnet seyn.

947) Es scheint, daſs wir in vielen Fällen von chemischer Verwandtschaft (z. B. dem vom Zink mit dem Sauerstoff des Wassers etc.) bis zu einem gewissen Grade entscheiden können, *welche von den beiden Wirkungsweisen der Anziehungskraft* ausgeübt werde (996). Bei der einen Weise können wir die Kraft nach auſsen fortleiten und sie anderswo das Aequivalent ihrer Wirkung ausüben lassen (867. 917); bei der andern wird sie nicht fortgeführt, sondern an dem Orte (ihrer Entstehung) gänzlich ausgeübt. Das erste ist der Fall bei der volta-elektrischen Erregung, das andere bei der gewöhnlichen chemischen Verwandtschaft; allein beide sind chemische Actionen, und stammen von Einer Kraft oder Einem Princípe ab.

948) Die allgemeinen Umstände der ersten Wirkungsweise finden sich bei allen voltaschen Strömen; allein in ihrer Vollkommenheit und frei von denen der zweiten Weise nur in einigen Fällen, z. B. wenn Zink

Digitized by Google

und Platin in Kalilauge, oder amalgamirtes Zink und Platin in verdünnte Schwefelsäure getaucht sind.

949) Angenommen, es sey durch die vorhergehenden Versuche und Betrachtungen hinreichend erwiesen, dafs, bei Anwendung von Zink, Platin und verdünnter Schwefelsäure, die elektromotorische Wirkung von der Verwandtschaft zwischen dem metallischen Zink und dem Sauerstoff des Wassers abhänge (921. 924), so ist ersichtlich, dafs das Metall für sich unter den obigen Umständen nicht Kraft genug hat, den Sauerstoff aufzunehmen und den Wasserstoff aus seiner Verbindung zu treiben; denn in der That, solch eine Wirkung findet nicht statt. Allein es erhellt auch, dafs es durch seine Anziehung zu dem Sauerstoff der mit ihm in Berührung stehenden Theilchen so weit zu wirken vermag, um die ähnlichen Kräfte, welche zwischen diesen und den andern Sauerstofftheilchen und den Wasserstofftheilchen des Wassers bereits wirksam sind, in einen eigenthümlichen Zustand von Spannung oder Polarität zu versetzen, und wahrscheinlich auch, um die Kräfte seiner eigenen Theilchen, welche mit dem Wasser in Berührung sind, in einen ähnlichen Zustand überzuführen. So lange dieser Zustand verbleibt, tritt keine fernere Wirkung ein; allein wenn er durch Schliefsung der Kette erhöht wird, in welcher die in Bezug auf das Zink und den Elektrolyt nach entgegengesetzten Richtungen wirkenden Kräfte einander genau zu neutralisiren vermögen, dann findet zwischen den Sauerstoff- und Wasserstofftheilchen des Wassers zwischen dem Orte der Steigerung und dem Orte der Wirksamkeit des Zinks eine Reihe von Zersetzungen und Wiederzusammensetzungen statt, denn diese dazwischen befindlichen Theile stehen offenbar in inniger Abhängigkeit und Beziehung zu einander. Das Zink bildet eine directe Verbindung mit denjenigen Sauerstofftheilchen, welche unmittelbar vor ihm in getheilter Relation zu ihm und dem Wasserstoff stehen: das Oxyd wird durch die Säure fortgenommen, und

Digitized by Google

dadurch eine frische Berührungsfläche zwischen dem Zink und Wasser hergestellt, um die Wirkung zu erneuen und zu wiederholen.

950) Practisch wird der Spannungszustand am besten erhöht, wenn man das Metall, welches eine schwächere Anziehung zum Sauerstoff hat als das Zink, in verdünnte Schwefelsäure taucht und es auch mit Zink in Berührung setzt. Die Kraft der chemischen Verwandtschaft, welche in den Wassertheilchen durch die vorherrschende Anziehung des Zinks zum Sauerstoff influencirt oder polarisirt worden ist, wird dann in sehr aufserordentlicher Weise durch die beiden Metalle fortgeführt, so dafs sie längs der Kette wieder eintritt in den elektrolytischen Leiter, welcher sie nicht ohne Zersetzung, wie es die Metalle thun, fortleiten oder überführen kann; oder wahrscheinlicher wird sie dann durch die Kraft, die gleichzeitig die Verbindung des Zinks mit dem Sauerstoff des Wassers vervollständigt, genau balancirt und neutralisirt. In der That sind die Kräfte der beiden Theilchen, die gegen einander wirken, und folglich entgegengesetzte Richtung haben, die Quelle zweier entgegengesetzten Kräfte oder Kraftrichtungen in dem Strom. Sie sind nothwendig zu einander aequivalent. Da sie in entgegengesetzter Richtung fortgeführt werden, so erzeugen sie den sogenannten Strom; und es scheint mir unmöglich, der Idee zu widerstehen, diesem Strome müsse in der Flüssigkeit und zwischen der Flüssigkeit und dem Zink ein *Zustand der Spannung* vorausgegangen seyn; die *erste Folge* der Affinität des Zinks zum Sauerstoff des Wassers.

951) Ich habe mich sorgfältig bemüht, einen Spannungszustand in dem elektrolytischen Leiter aufzufinden; und in der Meinung, dafs er entweder vor oder nach der Entladung etwas einer Structur Aehnliches erzeugen möge, gesucht, dasselbe durch polarisirtes Licht sichtbar zu machen. Für eine Glasplatte, 7" lang, $1\frac{1}{2}$" breit und 6" tief, richtete ich zwei Paare Platinelektrode vor, ein Paar

Digitized by Google

für deren Enden und das andere für deren Seiten. Die für die *Seiten* waren 7" lang und 3" hoch, und wurden in der Zelle durch einen mit Kattun überzogenen Holzrahm von einander gehalten, so dafs, wenn sie durch Verbindung mit einer Batterie zur Wirksamkeit auf die in die Zelle gegossene Flüssigkeit angeregt worden, die alsdann aufsteigenden Gasblasen den mittleren Theil der Flüssigkeit nicht trüben konnten.

952) Ich gofs eine concentrirte Auflösung von schwefelsaurem Natron in die Zelle und verband die Elektroden mit einer Batterie von 150 Paaren vierzölliger Platten. Der Strom ging so ungehindert durch die Zelle, dafs die Entladung eben so gut war wie bei Anwendung eines Drahts. Es wurde nun quer gegen die Bahn des elektrischen Stroms ein polarisirter Lichtstrahl durch die Flüssigkeit geleitet und mittelst einer Zerlegungsplatte untersucht. Allein, wiewohl er von der, der Einwirkung der Elektricität unterworfenen Lösung eine sieben Zoll dicke Schicht durchdrungen hatte, und wiewohl der Metallcontact während der Beobachtung bald vollzogen, bald aufgehoben und bald im umgekehrten Sinne hergestellt wurde, war doch nicht die mindeste Spur einer Einwirkung auf den Strahl wahrzunehmen.

953) Nun wurden die grofsen Elektrode fortgenommen, und die kleineren, für die *Enden* der Zelle eingerichteten, eingesetzt. In jede derselben war ein Schlitz eingeschnitten, damit man hindurchsehen konnte. Die Bahn des polarisirten Strahls war nun dem Strom parallel oder in Richtung von dessen Axe (517); allein dennoch konnte weder bei Schliefsung noch bei Oeffnung der Kette irgend eine Wirkung wahrgenommen werden.

954) Bei Anwendung einer starken Lösung von salpetersaurem Blei statt des schwefelsauren Natrons waren die Resultate eben so negativ.

955) Da ich es für möglich hielt, dafs die durch die successiven Zersetzungen und Wiederzusammensetzungen

Digitized by Google

des Elektrolyten geschehene Entladung der elektrischen Kräfte jede etwaige Wirkung des anfänglichen Spannungszustandes neutralisirt und deshalb zerstört haben möchten, so nahm ich eine Substanz, die im flüssigen Zustand ein vortrefflicher Elektrolyt, im festen aber ein Isolator ist, nämlich borsaures Blei, in Form einer glasigen Platte, und verband die Seiten und die Ränder dieser Masse mit den Metallplatten und letztere bald mit den Polen einer voltaschen Batterie, bald, um eine Elektricität von höherer Intensität anzuwenden, mit einer Elektrisirmaschine, und leitete nun einen polarisirten Strom bald in dieser, bald in jener Richtung durch die Masse; allein auch jetzt konnte ich nicht die geringste Anzeige von einer Wirkung auf das Licht beobachten. Hieraus schliefse ich, dafs die Elektrolyte, ungeachtet des neuen und ungewöhnlichen Zustands, welchen sie entweder während der Zersetzung (wo offenbar eine ungeheure Menge Elektricität durch sie geht) annehmen müssen, oder in dem Spannungszustand, welchen sie vorausgesetztermafsen vor der Zersetzung oder in starrer Gestalt besitzen, nicht die Fähigkeit haben auf einen polarisirten Lichtstrahl einzuwirken, da auf keine Weise eine Art von Structur oder Tension in ihnen sichtbar gemacht werden kann.

956) Es giebt jedoch einen schönen experimentellen Beweis, dafs die Metalle und die Elektrolyte vor der Erzeugung des elektrischen Stroms und *ehe die heterogenen Metalle in Berührung gesetzt werden* (915) einen Spannungszustand annehmen. Ich nahm einen voltaschen Apparat, bestehend aus einem Cylinder von amalgamirtem Zink und einem doppelten Cylinder von Kupfer. Diese stellte ich in eine Flasche mit verdünnter Schwefelsäure [1]), wo sie nach Belieben durch einen Kupferdraht, der zur Eintauchung in zwei an den Platten befe-

1) Gebraucht man Salpeter-Schwefelsäure, so ist der Funke kräftiger; allein es können dann locale chemische Actionen eintreten, die, ohne den Metallcontact zu erfordern, fortdauern.

stigten Näpfchen mit Quecksilber vorgerichtet war, in Berührung gesetzt werden konnten.

957) Bei dieser Vorrichtung fand keine chemische Wirkung statt, so lange nicht die Platten in Verbindung gesetzt waren. Allein bei *Vollziehung* des Contacts kam ein Funke zum Vorschein [1]), und die Lösung wurde sogleich zersetzt. Bei Aufhebung des Contacts wurde wieder der gewöhnliche Funke erhalten und die Zersetzung hörte auf. Klar ist, daſs hier der Funke vor der Vollziehung des Metallcontacts entstanden seyn muſs, denn er ging durch eine Luftschicht, und eben so muſs er vor der elektrolytischen Wirkung übergesprungen seyn, denn diese konnte nicht eintreten, ehe nicht der Strom überging, und der Strom konnte nicht übergehen, ehe nicht der Funke erschien. Hiedurch, glaube ich, ist es genugsam bewiesen, daſs, so wie das Zink und das Wasser durch ihre gegenseitige Einwirkung die Elektricität des Apparats erzeugen, sie auch durch ihre erste gegenseitige Berührung in einen kräftigen Spannungszustand versetzt werden (951), welcher, obschon nicht fähig eine wirkliche Zersetzung des Wassers zu verursachen, doch im Stande ist, einen elektrischen Funken zwischen dem Zink und einem geeigneten Entlader überspringen zu machen, sobald der Abstand dazu klein genug ist. Der Versuch beweist die directe Erzeugung eines elektrischen Funkens durch rein chemische Kräfte.

958) Mit der Hervorbringnng dieses Funkens durch ein einzelnes Plattenpaar sind jedoch einige Umstände verknüpft, die man kennen muſs, wenn der Versuch gelingen soll. Wenn die amalgamirten Berührungsflächen ganz

1) Es ist allgemein angenommen worden, daſs bei Schlieſsung einer einfachen Kette kein Funken entstehe; allein die bereits in diesem Aufsatz aufgestellten Beobachtungen führten mich darauf, einen solchen zu erwarten. Der Verbindungsdraht muſs indeſs kurz seyn; denn bei Anwendung eines langen Drahts treten Umstände ein, die einen groſsen Einfluſs auf den Funken ausüben.

blank und trocken sind, ist der Funke bei Vollziehung des Contacts eben so glänzend, wo nicht glänzender als bei Aufhebung desselben. Befindet sich dagegen auf der Quecksilberoberfläche ein Häutchen von Oxyd oder Schmutz, so ist der erste Funke oft schwach oder er bleibt ganz aus, während man bei Aufhebung des Contacts einen hellen Funken bekommt. Gieſst man etwas Wasser auf das Quecksilber, so verliert der Funke bedeutend an Glanz, allein ganz regelmäſsig, sowohl bei Vollziehung als bei Aufhebung des Contacts. Macht man die Berührung zwischen blankem Platin, so ist der Funke auch sehr klein, allein gleichmäſsig auf beiden Wegen. Indeſs ist der wahre elektrische Funke sehr klein, und, wenn man Quecksilberflächen anwendet, wird der gröſste Theil des Lichts von der Verbrennung dieses Metalls erzeugt. Die mit der Verbrennung des Quecksilbers verknüpften Umstände sind am günstigsten bei Aufhebung des Contacts; denn der Act der Trennung legt blanke Metallflächen bloſs, während bei Vollziehung des Contacts oft eine dünne Schicht von Oxyd oder Schmutz dazwischen kommt. Daraus ist die allgemeine Meinung entsprungen, daſs der Funke nur bei Aufhebung des Contacts erscheine.

---

959) In Bezug auf die andere Klasse von Fällen, nämlich die, wo eine chemische Verwandtschaft ausgeübt wird (947), aber keine Fortführung der Kraft in die Ferne stattfindet und kein elektrischer Funke erzeugt wird, ist einleuchtend, daſs bei solchen Verbindungen Kräfte der intensivsten Art wirksam, und auf irgend eine Weise in ihrer Wirksamkeit balancirt seyn müssen, da diese Kräfte so unmittelbar und ausschlieſslich gegen einander gerichtet sind, daſs keine Anzeigen von dem mächtigen Elektricitätsstrom, den sie erzeugen können, zum Vorschein kommen, wiewohl derselbe Endzustand der

Dinge erhalten wird, wie wenn ein Strom übergegangen wäre. Es war, ich glaube, Berzelius, welcher zuerst die Wärme- und Lichtentwicklung bei Verbrennungen als Folgen dieser Aeufserungsweise der elektrischen Kräfte der sich verbindenden Theilchen ansah. Allein wir bedürfen einer genaueren und ausgedehnteren Kenntnifs von der Natur der Elektricität, und von der Art, wie sie den Atomen der Materie beigesellt ist, ehe wir die Wirkung dieser, die Atome so vereinigende Kraft einsehen, und die Natur des grofsen Unterschiedes, welchen sie in den beiden so eben unterschiedenen Wirkungsweisen darbietet, begreifen können. Wir können uns Gedanken darüber machen, aber diese sind zur Zeit unter die grofse Masse *zweifelhafter Kenntnisse* (876) zu rechnen, welche wir eher zu verringern als zu vermehren suchen müssen; denn die vielen Widersprüche in diesen Kenntnissen selbst zeigen, dafs sich nur ein kleiner Theil von ihnen zuletzt als wahr erweisen kann.

960) Von den beiden Wirkungsweisen der chemischen Verwandtschaft ist es wichtig zu bemerken, dafs die, welche den elektrischen Strom erzeugt, eben so, *bestimmt* in ihren Wirkungen ist als die, welche die gewöhnlichen chemischen Verbindungen hervorbringt, so dafs wenn man die *Erzeugung* oder *Entwicklung* der Elektricität bei Verbindungen oder Zersetzungen untersucht, es nöthig ist, nicht blofs gewisse, von einem Elektricitätsstrom abhängige Effecte zu beachten, sondern auch deren *Menge;* und wiewohl in einzelnen Fällen von chemischer Action die dabei thätigen Kräfte zum Theil auf die eine, zum Theil auf die andere Weise ausgeübt werden, so sind es doch nur die zur Erzeugung des Stromes wirksamen, welche eine Beziehung zur voltaschen Action haben. So sind, wenn sich Sauerstoff und Wasserstoff zu Wasser verbinden, elektrische Kräfte von der ungeheuersten Gröfse thätig (861. 873); allein auf welche erdenkliche Weise auch bis jetzt die Flamme, welche sie bei ihrer energischen Verbindung erzeugen, un-

tersucht worden ist, so hat man doch nur höchst geringe Spuren (von jenen Kräften) aufgefunden. Diese (Spuren) können daher nicht als Beweise von der Natur der Wirkung angesehen werden, sondern sind nur zufällig, und in Bezug auf die thätigen Kräfte unvergleichlich klein; sie geben keinen Aufschlufs über die Art, wie die Theilchen auf einander wirken, oder wie ihre Kräfte zuletzt angeordnet werden.

961) Dafs solche chemische Actionen keinen *elektrischen Strom* erzeugen, stimmt völlig mit dem, was wir vom voltaschen Apparate wissen, bei welchem es wesentlich ist, dafs eins der sich verbindenden Elemente einen Theil von einem elektrolytischen Leiter ausmache oder in directer Beziehung zu ihm stehe (921. 923). Dafs solche Fälle keine *freie Spannungs-Elektricität* erzeugen, und dafs sie dagegen, wenn sie in voltasche Actionen verwandelt werden, einen Strom liefern, in welchem die entgegengesetzten Kräfte so gleich sind um einander zu neutralisiren, beweist die Gleichheit der Kräfte in den gegen einander wirkenden Körpertheilchen, und deshalb die Gleichheit von elektrischen Kräften in denjenigen Quantitäten der Substanzen, welche *elektro-chemische* Aequivalente genannt werden (824). Diefs ist ein fernerer Beweis, dafs die elektro-chemische Action (783 etc.) bestimmter Natur ist, und dafs die chemische Verwandtschaft und die Elektricität ein und dieselbe Kraft ausmachen (917 etc.).

962) Die directe Beziehung der Wirkungen, welche in der voltasche Säule an dem Orte der experimentellen Zersetzung ausgeübt werden, zu den chemischen Verwandtschaften, die an dem Orte der Erregung thätig sind (891 917), giebt eine sehr einfache und natürliche Ansicht von der Ursache, weshalb die entwickelten Körper oder Ionen in gewissen Richtungen wandern; denn nur wenn sie in diesen Richtungen wandern, sind ihre Kräfte im Stande, neben den überlegenen Kräften, die an dem Orte, wo die Wirkung des Ganzen bedingt wird,

Digitized by Google

vorwalten, zu bestehen und sie zu compensiren (wenigstens in Richtung). Wenn z. B. in einer voltaschen Kette, deren Thätigkeit durch die Anziehung des Zinks zum Sauerstoff des Wassers bedingt wird, das Zink von rechts nach links wandert, so wird jedes andere in die Kette eingeschlossene *Kation*, welches ein Theil eines Elektrolyten ist oder in dem Moment einen Theil eines solchen ausmacht, sich auch von der Rechten zur Linken bewegen; und wie der Sauerstoff des Wassers sich, vermöge seiner natürlichen Verwandtschaft zum Zink, von der Linken zur Rechten bewegt, so wird auch jeder andere Körper, der in dieselbe Klasse gehört (d. h. jedes andere *Anion*) und zur Zeit unter seiner Herrschaft steht, sich von der Linken zur Rechten bewegen.

963) Diefs läfst sich durch Fig. 11 Taf. I erläutern, wo der doppelte Kreis eine geschlossene voltasche Kette vorstellen mag, deren Kräfte bestimmt sind, wenn wir für einen Moment annehmen, das Zink *b* und das Platin *c* seyen Platten von den auf das Wasser *d*, *e* und andere Substanzen einwirkenden Metallen, deren Wirksamkeit jedoch durch Anwendung einer Batterie bei *a* (989) so verstärkt worden, dafs sie verschiedene Zersetzungen hervorbringen. Diese Annahme ist erlaubt, weil die Wirkung der Batterie nur in einer Wiederholung dessen besteht, was zwischen *b* und *c* vorgeht, im Fall *b* und *c* wirklich nur ein einfaches Plattenpaar ausmachen. Das Zink *b* und der Sauerstoff *d* suchen sich, vermöge ihrer gegenseitigen Verwandtschaft, mit einander zu verbinden; allein da der Sauerstoff bereits mit dem Wasserstoff *e* verbunden ist, und die ihm einwohnenden chemischen Kräfte zur Zeit neutralisirt sind durch die des Wasserstoffs, so mufs dieser Wasserstoff *e* den Sauerstoff *d* verlassen, und in Richtung des Pfeiles vorschreiten; sonst kann das Zink *b* sich nicht in derselben Richtung bewegen, um sich mit dem Sauerstoff *d* zu verbinden, noch kann sich der Sauerstoff *d* in der entgegen-

Digitized by Google

gesetzten Richtung bewegen, um sich mit dem Zink *b* zu verbinden, da die Relation der *ähnlichen Kräfte* von *b* und *e* zu den *entgegengesetzten* Kräften von *d* diefs verhindert. So wie der Wasserstoff *e* vorrückt und bei dem, einen Theil der Kette ausmachenden Platin *ef* anlangt, theilt er durch dieses seine elektrischen oder chemischen Kräfte dem nächsten Elektrolyt in der Kette mit, nämlich dem geschmolzenen Chlorblei *gh*, dessen Chlor, in Uebereinstimmung mit der Richtung des Sauerstoffs, bei *d* wandern mufs, denn es hat die Kräfte zu compensiren, die in seinem Theil der Kette gestört sind durch den überwiegenden Einflufs der durch die Batterie *a* unterstützten Kräfte zwischen dem Sauerstoff und Zink bei *d*, *b*; und aus einem ähnlichen Grunde mufs das Blei in der durch den Pfeil angedeuteten Richtung wandern, damit es zu dem ersten bewegenden Körper seiner eigenen Klasse, nämlich dem Zink *b* in richtige Relation komme. Wenn Kupfer von *i* bis *k* in den Bogen kommt, wirkt es, wie es früher das Platin that, und wenn bei *l*, *m* ein anderer Elektrolyt, z. B. Jodzinn, vorhanden ist, so mufs das Jod *l*, als ein *Anion*, sich übereinstimmend mit dem erregenden *Anion*, nämlich dem Sauerstoff *d* bewegen, und das *Kation* Zinn *m* wandert in Uebereinstimmung mit den übrigen Kationen *b*, *e* und *h*, damit längs dem ganzen Bogen die chemischen Kräfte, sowohl ihrer Richtung als ihrer Menge nach, im Gleichgewicht seyen. Sind die Anionen fähig bei ihrer Circulation sich mit den Metallen an den *Anoden* der respectiven Elektrolyte zu verbinden, wie es beim Platin *f* und beim Kupfer *k* der Fall seyn würde, so werden diese Körper Theile der Elektrolyte, und wandern sogleich unter dem Einflufs des Stroms; allein wegen ihrer Relation zum Zink *b* ist es offenbar unmöglich, dafs sie in anderer Richtung wandern können als in der, welche mit dessen Lauf übereinstimmt, und deshalb können sie nicht anders als *von* der Anode *zu* der Kathode überzugehen suchen.

Digitized by Google

964) Bei einem Kreise, wie der gezeichnete, lassen sich daher alle bekannten *Anionen* innerhalb, und alle *Kationen* aufserhalb zusammenstellen. Wenn irgend eine Anzahl derselben als Ionen in die Constitution der *Elektrolyten* eintritt, und sie, Einen Bogen bildend, gleichzeitig Einem gemeinschaftlichen Strom unterworfen sind, so müssen die Anionen, in Uebereinstimmung mit einander, in der einen Richtung, und die Kationen in der entgegengesetzten wandern. Noch mehr! Es müssen aequivalente Mengen dieser Körper in entgegengesetzten Richtungen wandern. Das Vorrücken von jeden 32,5 Theilen Zink *b* mufs begleitet seyn von einem Zurückweichen von 8 Theilen Sauerstoff bei *d*, von 36 Theilen Chlor bei *g*, von 126 Theilen Jod bei *l*; so wie von einem Vorschreiten elektro-chemischer Aequivalente von Wasserstoff, Blei, Kupfer und Zinn, bei *e*, *h*, *k* und *m*.

---

965) Nimmt man den gegenwärtigen Aufsatz für einen richtigen Ausdruck der Thatsachen, so wird er doch nur eine Bestätigung gewisser allgemeiner Ansichten seyn, welche Humphry Davy in seiner Baker'schen Vorlesung von 1806 ausgesprochen [1]), und i. J. 1826 in einer andern Baker'schen Vorlesung verbessert aufgestellt hat [2]). Sein allgemeiner Satz ist der: *Chemische und elektrische Anziehungen werden durch die nämliche Ursache erzeugt, die in dem einen Fall auf Theilchen, in dem andern auf Massen von Substanz einwirkt; und ein und dieselbe Eigenschaft, verschiedentlich abgeändert, ist die Ursache aller Erscheinungen bei den verschiedenen voltaschen Combinationen* [3]). Diesen Satz halte ich für wahr; allein indem ich ihn annehme und verthei-

1) *Philosoph. Transact.* 1807.

2) *Ibid.* 1826, *p.* 383.

3) *Ibid.* 1826, *p.* 389.

dige, mufs ich mich gegen die Voraussetzung verwahren, als wollte ich Allem, was damit in jenen beiden Aufsätzen verknüpft ist, beistimmen oder die Experimente, welche daselbst als entscheidende Beweise der Wahrheit des Satzes angeführt werden, gutheifsen. Wäre diefs meine Meinung gewesen, würde ich diese Untersuchungen nicht unternommen haben. Vielleicht glauben Einige, ich wäre verpflichtet gewesen, jene Aufsätze durchzugehen, das, was ich anerkenne, von dem, was ich verwerfe, zu unterscheiden, und für beide Fälle gute experimentelle oder philosophische Beweise anzuführen; allein dann wäre ich auch gezwungen gewesen, Alles, was für und wider die Nothwendigkeit des Metallcontacts, für und wider den Ursprung der voltaschen Elektricität bei chemischen Actionen geschrieben worden ist, ebenfalls zu recensiren, und diese Arbeit mochte ich nicht im gegenwärtigen Aufsatz unternehmen [1]).

1) Ich beabsichtigte früher in einer Anmerkung sämmtliche Aufsätze derjenigen Physiker aufzuführen, welche den Ursprung der Elektricität in der voltaschen Säule von dem Contact oder von der chemischen Action oder von beiden Ursachen ableiten; allein nach dem Erscheinen des ersten Theils von Hrn. Becquerel's wichtigem und werthvollem *Traité de l'Electricité et du Magnétisme* hielt ich es für besser, hinsichtlich dieser Citate und der von jenen Physikern aufgestellten Ansichten, auf dieses Werk zu verweisen. Man sehe S. 86, 91, 104, 110, 112, 117, 118, 120, 151, 152, 224, 227, 228, 232, 233, 252, 255, 257, 258, 290 u. s. w. — 3. Juli 1834.

(Schlufs im nächsten Heft.)

II. *Auffindung eines Körpers, welcher in Berührung mit anderen Elektromotoren eine weit stärker negative Elektricität erregt als jeder bisher untersuchte; von P. S. Munck af Rosenschöld.*

Beim Nachsinnen darüber, wie viele Körper ihren elektrischen Eigenschaften nach noch nicht gehörig untersucht seyen, und welch ein weites Feld hier dem Forscher noch offen stehe, wurde meine Aufmerksamkeit besonders auf die beiden Superoxyde des Bleies gerichtet. Das Mangansuperoxyd ist bekanntlich unter allen bisher untersuchten derjenige Körper, der die stärkste negative Elektricität annimmt, und ich vermuthete daher, daſs auch andere Superoxyde sonderbare elektrische Eigenschaften haben würden. Zuerst fiel mir ein, das rothe Superoxyd des Bleis zu versuchen; als ich aber erwog, daſs dieser Körper ein sehr schlechter Leiter ist, wurde mir unwahrscheinlich, daſs die Berührungselektricität durch den Condensator entdeckt werden könne. Desto mehr Hoffnung machte ich mir von dem braunen oder zweiten Superoxyde. Bei den Versuchen, die ich zuvor über die Leitungsfähigkeit der Metalloxyde und Schwefelmetalle angestellt, hatte ich bemerkt, daſs die schwarzen gewöhnlich Leiter sind, die rothen dagegen Nichtleiter. Ich vermuthete daher *erstens*, daſs das braune Bleisuperoxyd ein besserer Leiter sey als das rothe, weil es von dunklerer Farbe ist, und *zweitens*, daſs es als negativer Erreger das Mangansuperoxyd übertreffe, weil es ein Superoxyd von höherer Ordnung ist. Ich hatte das Vergnügen beide Vermuthungen durch Versuche bestätigt zu finden.

Da beim Gebrauche des Volta'schen Condensators

Digitized by Google

sehr viel auf die Güte des Instruments ankommt, will ich, um meinen Versuchen gröſseres Zutrauen zu erwecken, zuerst die Einrichtung beschreiben, welche ich meinem Condensator gegeben habe.

Der Condensator selbst besteht aus zwei kupfernen Platten 3″ 7‴ im Durchmesser und 2‴ dick, die so gut an einander geschliffen sind, daſs sie mit ihren ebenen Flächen stark an einander adhäriren und keinem Lichtstrahl den Durchgang verstatten. Da es bei einem guten Condensator darauf ankommt, daſs die Platten, ohne sich zu berühren, einander so nahe als möglich sind, habe ich dieſs auf folgende Weise zu erreichen gesucht. Nachdem die unterste Platte auf das Gestell einer Lampe gelegt war, wurden 20 bis 30 sehr kleine Gummilackstücke von der Gröſse eines Sandkorns, nahe am Rande herum so geordnet, daſs die Abstände ungefähr gleich waren. Darauf wurde die Platte erhitzt, und sobald die Gummilackkörner völlig flüssig waren, wurden sechs schmale Streifen von dünnem Stanniol in gleichen Entfernungen zwischen ihnen gelegt und die Flamme sogleich gelöscht. Dann wurde die obere Platte vorsichtig auf die untere gelegt und beide stark gegen einander gedrückt. Nach dem Erkalten kann man die obere Platte leicht los machen, und alle Gummilackkörner bleiben platt an der unteren haften. Beide Platten nähern sich also einander bis auf die Dicke eines dünnen Blatts Stanniols, und die Entfernung ist überall gleich. — Beim Gebrauche wird die untere Platte an das voltasche Elektrometer geschraubt, und die obere, welche mit einer isolirenden Glasröhre und Handhabe versehen ist, darauf gelegt.

Dieser Condensator zeichnet sich sowohl durch seine groſse Empfindlichkeit als durch die Genauigkeit seiner Angaben aus, und ich bin dadurch im Stande die einfache Erregung zweier Elektromotoren nicht nur wahrzunehmen, sondern auch mit ziemlicher Genauigkeit zu messen. Die Genauigkeit des Condensators beruht theils

Digitized by Google

darauf, dafs die Entfernung der Platten überall dieselbe sey, theils darauf, dafs er, wenn er behutsam gehandhabt wird, von eigner Elektricität ganz frei sey. Man hat daher wenig zu befürchten, dafs er Elektricität angebe, wo keine vorhanden ist; doch hat er bisweilen den Fehler, dafs die Platten bei Abhebung der oberen, wegen der grofsen Nähe, in Berührung kommen, wodurch die angesammelte Elektricität ganz vernichtet wird — ein Fehler, der aber doch nicht leicht irre leiten kann. Uebrigens müssen die Gummilackkörner sehr rein seyn, denn bei der geringsten fremden Einmischung geht die Elektricität der unteren Platte in die obere über.

Ehe ich die Bereitung des braunen Bleisuperoxyds unternahm, machte ich einige Versuche mit der Mennige, die sich bei früheren Versuchen zwar als ein sehr schlechter Leiter gezeigt hatte, die aber doch ein weniger besser leitete als der Zinnober. Ich legte daher ein Stück Mennige, gut ausgetrocknet, auf Zink, bedeckte es mit etwas feuchtem Löschpapier, und brachte dieses mit der unteren Condensatorplatte in Berührung, während die obere ableitend berührt wurde, Es gelang mir aber nicht auf diese Weise Elektricität hervorzubringen, und nachher fand ich, dafs die Mennige bei so schwachen Spannungen fast völlig nichtleitend ist, denn sie isolirte sogar die Elektricität, welche schon dem Condensator mitgetheilt worden. Obgleich es daher zu vermuthen war, dafs das rothe Bleisuperoxyd in Berührung mit den Metallen negative Elektricität annehme, kann sie doch der Condensator nicht angeben, weil sie zu langsam in diesen übergeht.

Hienach bereitete ich eine Quantität von dem braunen Bleisuperoxyd auf gewöhnliche Weise. Die Mennige wurde mit einer zureichenden Menge reiner Salpetersäure digerirt, nachher auf's Filtrum gebracht, mit kochendem Wasser ausgewaschen und getrocknet. Dann legte ich eine kleine Quantität von dem braunen Pulver auf den Deckel eines elektrisirten Goldblattelektrometers und

und berührte jenes mit Metall. Die Divergenz war augenblicklich verschwunden, und die leitende Eigenschaft des braunen Superoxyds somit deutlich. Um den Leitungsgrad näher zu bestimmen, legte ich die ganze Quantität in ein Glasrohr von $1\frac{1}{2}'''$ innerem Durchmesser. Bei der gröfsten Entfernung des Drahtes von der Bleifolie (siehe meine letzte Abhandlung, S. 443, des vorigen Bandes), die die Menge des Pulvers erlaubte $=21''$, waren die Schläge bis auf 3° des ersten Volta'schen Elektrometers fühlbar. Also leitet das braune Bleisuperoxyd weit besser als Mangansuperoxyd und gewifs nicht viel schlechter als schwarzes Schwefelquecksilber.

Meine erste Vermuthung hatte sich also völlig bestätigt, und ich war daher begierig zu wissen, wie sich dieser Körper als Elektricitätserreger verhalten werde. Aus dieser Absicht berührte ich die untere Platte des Condensators mit einem kleinen Stücke braunen Bleisuperoxyd, deren Theilchen durch Anfeuchten und wieder Austrocknen zusammenhängend gemacht waren. Nachdem die Berührung nur einige Secunden gedauert, entfernte ich den Körper und hob die obere mit der Erde verbundene Platte auf. Die Pendel des Elektrometers divergirten sogleich bis auf 4°, und bei Annäherung einer geriebenen Siegellackstange fielen sie mehr und mehr zusammen; also war ihre Elektricität positiv. Aus diesen Versuchen, welche ich mehrmals wiederholte, ging daher schon hervor, dafs das braune Bleisuperoxyd einer der stärksten negativen Elektromotoren ist, weil es das Kupfer so stark positiv macht.

Hienach versuchte ich diesen Körper in Berührung mit Zink. Ich legte eine nasse Pappscheibe auf ein messingenes Stativ, darüber eine runde Zinkplatte, und auf diese etwas von dem braunen Pulver, welches ich mit feuchtem Löschpapier bedeckte. Dieses wurde nun mit dem messingenen Draht der unteren Platte des Conden-

Digitized by Google

sators in Berührung gebracht, und sowohl der obere Deckel als der Fuſs des Messingstativs ableitend berührt. Obgleich ich die Versuche mehrmals wiederholte, erhielt ich doch keine gröſsere Divergenz als im vorigen Falle bei Berührung mit Kupfer, und glaubte daher anfangs, daſs das braune Bleisuperoxyd von dem gewöhnlichen Verhalten der Leiter erster Klasse abweiche.

Nachher versuchte ich das Superoxyd in Berührung mit Kohle, und als der Condensator starke negative Elektricität angab, gab dieser mir Veranlassung diesen Körper mit dem Mangansuperoxyd selbst zu prüfen. Ein Stück Braunstein wurde daher an einer Seite geebnet, und auf die nasse Pappscheibe, wie im vorigen Falle, auf das Zink gelegt. Die ebene Fläche wurde mit dem Pulver bedeckt und hierüber etwas feuchtes Löschpapier gelegt. Nachdem dieſs letztere einige Secunden mit dem Drahte des Condensators in Berührung gewesen, hob ich die obere Platte auf, und sogleich divergirten die Strohhälmchen von 2° bis 3° mit negativer Elektricität. Hierauf kehrte ich den Versuch um, legte die Pappscheibe auf eine Glastafel, und berührte das Löschpapier ableitend, während der Draht mit der Pappscheibe in Berührung war. Die Elektricität war jetzt positiv, zwar nicht so stark, aber sehr deutlich. Also war es durch diese beiden Versuche völlig erwiesen, daſs wenn braunes Bleisuperoxyd mit Mangansuperoxyd in Berührung kommt, jenes die negative und dieses die positive annimmt. Das zweite Superoxyd des Bleis ist also der stärkste aller bekannten negativen Elektromotore.

Nachdem ich über diesen Punkt im Reinen war, setzte ich die Versuche fort, um zu sehen, ob wohl dieses Superoxyd von der Regel, welche Volta für die Leiter erster Klasse festsetzte, auf irgend eine Weise abweiche. Die Regel ist bekanntlich diese: *Wenn eine gegebene Anzahl Leiter erster Klasse in Berührung mit*

Digitized by Google

einander steht, so ist die Summe aller Spannungen derjenigen Spannung gleich, welche entsteht, wenn die äufsersten Glieder der Kette in unmittelbare Berührung kommen. Wenn also das braune Bleisuperoxyd als Leiter zu dieser Klasse gerechnet werden soll, müssen folgende Bedingungen erfüllt werden.

Erstens, wenn es, auf Zink liegend, die Kupferplatte des Condensators berührt, mufs dieser eben so starke negative Elektricität angeben, als wenn er mit dem Zink unmittelbar berührt wurde.

Zweitens, wenn es zwischen Kupfer und Zink liegt, und letzteres den Condensator berührt, mufs die Spannung Null seyn.

Bei den ersten Versuchen wich das Superoxyd oft von diesen beiden Bedingungen sehr ab, aber die Abweichungen waren nicht immer dieselben, und liefsen daher vermuthen, dafs fremde und veränderliche Ursachen hier einwirkten. Durch Versuche hatte ich mich im Voraus überzeugt, dafs die Erregung zwischen Kupfer und Zink bei meinem Condensator genau 4° sey; ich fand aber, dafs das braune Superoxyd, welches, auf Zink liegend, den Condensator berührte, eine Spannung von —5°, bisweilen sogar von —7° bis 8° hervorbrachte. — Wurde das Superoxyd zwischen eine Kupfer- und eine Zinkplatte gelegt, und berührte diese den Condensator, während die Kupferplatte auf dem Stativ lag, so wurde die Spannung statt Null, wie der Regel nach zu erwarten war, oft so merkbar, dafs die Pendel des Elektrometers 1° bis 2° divergirten. Dem Anschein nach wich also das braune Superoxyd des Bleis von dem gewöhnlichen Verhalten der festen Elektromotore ab; war aber diese Verschiedenheit gegründet, so mufste es auch die Nadel eines elektromagnetischen Multiplicators ohne Feuchtigkeit in Bewegung setzen. Durch Versuche überzeugte ich mich, dafs der elektrische Strom, wenn er durch eine

Digitized by Google

dünne Schicht dieses Körpers geht, doch Geschwindigkeit genug hat, um auf die Nadel zu wirken. Ich legte daher das zuvor getrocknete Pulver zwischen Kupfer und Zink, und verband den einen Draht der Nadel mit der Kupferplatte und den andern mit dem Zink. So oft der Draht das Zink berührte, bemerkte ich ein schwaches Oscilliren der Nadel, welches zunahm, wenn die Platten stärker gegen einander gedrückt wurden. Ich erhitzte dann die untere Platte, um gewiſs zu seyn, daſs hier keine Feuchtigkeit mit im Spiele war, und jetzt wurde auch die Nadel unbeweglich. Gleich darauf legte ich die Platten auf das Stativ, die kupferne nach unten, und berührte den Draht des Condensators mit dem Zink; die Spannung war aber nach Aufhebung des Deckels Null. Ich hauchte das Pulver etwas an und legte die Zinkplatte wieder darauf. Jetzt waren die Oscillationen der Nadel wieder merkbar, und der Condensator gab negative Elektricität an. Die vorigen Unregelmäſsigkeiten müssen also wenigstens zum Theil von Feuchtigkeit herrühren, denn obgleich das Pulver bei den Versuchen ausgetrocknet war, ist es doch so stark hygroskopisch, daſs es gleich nach dem Erkalten anfängt Wasser anzuziehen.

Meines Erachtens wirkt die Feuchtigkeit hier auf die Weise, daſs sie einen Theil der erregten Elektricität ableitet. Der folgende Versuch macht dieſs noch wahrscheinlicher.

Ein ausgetrocknetes Stück Bleisuperoxyd wurde auf Kupfer gelegt und mit dem Drahte des Condensators in Berührung gebracht; aber nach Aufhebung der oberen Platte wurde gar keine Elektricität bemerkt. Ich hauchte dann die obere Fläche des Superoxyds an, und berührte sie mit dem Drahte. Jetzt wurde negative Elektricität im Elektrometer frei; wenn ich aber die angehauchte Seite nach unten legte kam positive Elektricität zum Vorschein.

Digitized by Google

Im ersteren Falle geht etwas von der negativen Elektricität des Superoxyds durch die Feuchtigkeit in den Condensator über; im letzteren dagegen strebt sie in die untere Kupferplatte auszuweichen, wodurch der negative Zustand des Superoxyds vermindert wird, und folglich positive Elektricität in den Condensator übergeht, um die Differenzen gleich zu halten.

Aehnliche Abweichungen von dem allgemeinen Gesetze habe ich auch bei dem Mangansuperoxyde wahrgenommen; da aber dieses nicht so stark hygroskopisch als das Bleisuperoxyd ist, sind sie auch weniger bedeutend. Wenn ich ein Stück Braunstein, das in feuchter Luft etwas Wasser angezogen hatte, auf Zink legte, zeigte sich die Erregung nicht so stark, als wenn jenes im Voraus ausgetrocknet war. Auf diese Weise erkläre ich die von Zamboni gemachte Erfahrung, dafs trockne elektrische Säulen, die von Braunstein und Silberpapier aufgebaut waren, gewöhnlich gröfsere Spannung äufserten, wenn der Strom eine geringere Geschwindigkeit hatte; denn die Geschwindigkeit des Stromes beruht auf der Feuchtigkeit, welche das Papier angezogen hat und dem Braunstein mittheilt.

Da ich die Erfahrung gemacht hatte, dafs die Versuche über die Berührungselektricität unsicherer sind bei pulverförmigen als zusammenhängenden Körpern, suchte ich diesem Mangel bei dem braunen Bleisuperoxyde, das nicht geschmolzen werden kann, dadurch etwas abzuhelfen, dafs das Pulver in eine papierne Hülse gelegt und in einem Schwärmerstock geschlagen ward. Ich erhielt dann kleine, genugsam feste Cylinder. Wenn ein solcher gut getrocknet auf Zink gelegt und durch feuchtes Papier mit dem Condensator in Berührung gebracht wurde, erhielt ich ohne Schwierigkeit 8° bis 9° negative Elektricität. In Berührung mit Mangansuperoxyd war die Spannung fast jedesmal 3° und mit Kupfer wenigstens 5°.

Digitized by Google

Um die elektricitäterregende Kraft des braunen Bleisuperoxyds mit der Erregung anderer Körper vergleichen zu können, habe ich die Elektricitätsgrade, welche verschiedene Elektromotore in Berührung mit Zink hervorbringen, durch meinen Condensator zu messen gesucht, obwohl ich nicht zweifle, dafs diefs von Andern besser ausgeführt ist. Da ich gefunden hatte, dafs reines Wasser keine bemerkbare Spannung in Berührung mit den Metallen äufsert, wurde immer eine in destillirtem Wasser getränkte Pappscheibe als Unterlage bei diesen Versuchen angewandt. Auf diese, welche auf dem messingenen Stative ruhte, wurde eine polirte Zinkplatte, und hierüber der Körper, den ich untersuchen wollte, gelegt. Wenn die Versuche umgekehrt angestellt werden sollten, wurde der Körper auf die Pappscheibe und auf diese wieder die Zinkscheibe gelegt. Antatt den Körper mit nassem Papier zu bedecken, fand ich bequemer, den Draht des Condensators selbst mit feuchtem Löschpapier zu umwickeln. Die Versuche wurden so angestellt, dafs ich das nasse Papier des Drahtes in Berührung mit dem auf das Zink gelegten Körper brachte, während ich die obere Platte des Condensators mit einem, mit nassen Fingern angefafsten Stücke Kupfer, und den Fufs des Stativs mit der andern Hand berührte. Nach 3 bis 4 Secunden wurde das Stativ, welches sich auf und nieder schieben liefs, entfernt, die obere Platte des Condensators sogleich aufgehoben und darauf die Divergenz des Strohhälmchens so genau als möglich bestimmt. Mehrentheils beobachtete ich nicht nur die negative, sondern auch die positive Elektricität, was sich aber fast überflüssig zeigte, da beide ganz gleich waren. Uebrigens mufs man bei so feinen Versuchen die gläsernen Wände und das Glasrohr des Elektrometers, zur besseren Isolation, über Kohlenfeuer gut getrocknet und die Condensatorplatten am liebsten etwas gewärmt haben. Dafs

poröse Körper, z. B. das Mangansuperoxyd und das Bleisuperoxyd vorher erhitzt worden waren, versteht sich von selbst. Folgende Tabelle enthält die Resultate der Untersuchung:

Zink in Berührung mit	Die Spannungen in Graden des Volta'schen Elektromet.
Kupfer	4^{0}
Silber	$4\frac{1}{2}$
Kohle	$4\frac{3}{4}$
Gold	5
schwarzem Schwefelquecksilber	$5\frac{1}{2}$
Schwefelkies	6
Mangansuperoxyd	$6\frac{1}{2}$
braunem Bleisuperoxyd	$9\frac{1}{2}$

Ich halte diese Messungen für ziemlich genau, und glaube, dafs sie nicht leicht um einen halben Grad fehlerhaft sind, wenn nicht fremde Einflüsse, die ich nicht kenne, hier einwirken. Mit jedem der obigen Körper sind mehrere Versuche angestellt, und die ganze Untersuchung zwei Mal zu verschiedenen Zeiten mit sehr wenig abweichendem Resultate durchgemacht. Da der Condensator die Spannungen bisweilen etwas zu niedrig, schwerlich aber zu hoch angiebt, ist es nicht räthlich die Mittelzahl aus den Beobachtungen zu nehmen, und obige Zahlen sind daher nach den höheren Spannungen genommen. Uebrigens waren die Abweichungen gewöhnlich, bei den niedrigen Spannungen, nur klein, selten über $\frac{1}{2}^{0}$. Mit dem Bleisuperoxyd und Zink erhielt ich gewöhnlich 9^{0}, bisweilen nur $8\frac{1}{2}^{0}$ und nicht selten $9\frac{1}{2}^{0}$. Das zweite Superoxyd des Bleies steht also als negativer Elektromotor in der Spannungsreihe sehr hoch, und wahrscheinlich haben mehrere Körper ihren Platz zwischen diesem und dem Mangansuperoxyde. Dafs Gold stärker elek-

Digitized by Google

tronegativ als Silber sey, was von Einigen geläugnet wird, davon überzeugte ich mich auch auf die Weise, dafs ich beide in Berührung mit Kupfer prüfte, wobei die Divergenz mit jenem bedeutender war. Es gelang mir sogar deutliche negative Elektricität hervorzubringen, wenn ich Gold, auf einer Silberscheibe liegend, in Verbindung mit dem Condensator brachte. Auch weicht die Kohle hier von der gewöhnlichen Ordnung ab; denn man behauptet allgemein, dafs dieselbe noch höher in der Reihe als die Metalle stehe. Zwar will ich nicht läugnen, dafs es bisweilen sich so verhalte, und ich habe später eine andere Sorte Holzkohle geprüft, die fast stärker elektronegativ war als Gold. Die hier angewandte war wohl ausgeglüht. — Der Schwefelkies steht hier dem Mangansuperoxyd am nächsten, und ist merklich stärker elektronegativ als das Schwefelquecksilber. Ich mache mir von den Schwefelverbindungen der Metalle, hinsichtlich ihrer elektrischen Eigenschaften, dieselbe Vorstellung wie von ihren Oxyden, und glaube daher, dafs sie desto höher in der Reihe stehen, je höher die Schwefelungsstufe ist. Wenn wir die Zusammensetzung der beiden Schwefelmetalle betrachten, werden wir auch finden, dafs der Schwefelkies einer dritten Oxydationsstufe des Eisens proportional ist, welche sich zu den niedrigeren Oxyden wie das Mangansuperoxyd zum Manganoxyde und Manganoxydul verhält; das Schwefelquecksilber dagegen ist nur dem Quecksilberoxyde proportional. — Die Bestimmung der Erregung zwischen Mangansuperoxyd und Zink stimmt gut mit den Versuchen Volta's überein, welcher sie gleich $\frac{1}{40}$ bis $\frac{1}{35}$ eines Grades seines Elektrometers festsetzt, wenn die des Kupfers $\frac{1}{60}$ beträgt. Die elektrische Spannung des braunen Bleisuperoxyds mit dem Zink verhält sich daher zu der des Mangansuperoxyds mit dem Zink ungefähr wie 3 : 2, und zu der Spannung zwischen Kupfer und Zink beinahe wie $2\frac{1}{2}$: 1. Eine

Digitized by Google

elektrische Säule von Zink und braunem Bleisuperoxyd mufs daher eine wenigstens doppelt so grofse Intensität als eine Säule von Zink und Silber besitzen, und da jene durch Anwendung von schwefelsaurem Zink als Zwischenkörper noch mehr verstärkt wird, scheint das braune Bleisuperoxyd, wenn nicht seine zu starke Anziehung zur Feuchtigkeit hinderlich wäre, sehr vortheilhaft zu trocknen elektrischen Säulen angewandt werden zu können. Wird nämlich die Pappscheibe, auf welcher das Zink mit darüber gelegtem Superoxyd ruht, statt des Wassers in verdünnter Schwefelsäure getränkt, so giebt der Condensator, wenigstens nach einiger Zeit, ganze 12° an. Auf diese Weise läfst sich also eine Säule construiren, welche drei Mal so stark als eine von Zink und Kupfer wirkt. Ich würde hierüber auch einige Versuche angestellt haben, wenn es die kurze Zeit erlaubt hätte.

Da hier von der Berührungselektricität die Rede ist, will ich noch einige Versuche, die ich mit dem Quecksilberoxydul angestellt habe, erwähnen. Die Leitungsfähigkeit dieses Körpers ist so schwach, dafs er fast auf der Gränze der Nichtleiter steht. Wird er auf dem Deckel eines Elektroskops gelegt und ableitend berührt, verschwindet zwar die Divergenz, allein nicht augenblicklich, wie bei anderen Leitern. In eine gläserne Röhre gelegt, leitet er die elektrischen Schläge, selbst auf die kleinsten Entfernungen, gar nicht. Die ersten Versuche, mit diesem Körper die Berührungselektricität am Condensator bemerkbar zu machen, mifslangen, weil er schwach leitete. Seitdem gelang es mir aber, in Berührung mit Zink schwache Elektricität hervorzubringen, und zwar auf folgende Weise. Das Pulver wurde in einen Schwärmerstock geschlagen, und ein so erhaltener kleiner Cylinder auf eine Zinkscheibe gelegt. Diese wurde dann vorsichtig erwärmt, um den Cylinder ganz zu trocknen, und auf ihre Unterlage gebracht. Auf den Cylinder wurde

eine etwas feuchte Scheibe von Löschpapier und auf diese eine Kupferplatte gelegt. Letztere wurde dann mit dem Condensator verbunden und mit einer Siegellackstange gegen den Cylinder gedrückt, um die Berührungspunkte zu vermehren. Nach einer gewissen Zeit wurde die Verbindung aufgehoben, und das Elektrometer gab jedesmal —1° bis —1½° an. Auch ohne den feuchten Lappen, wenn der Cylinder mit der Kupferplatte in unmittelbarer Berührung war, erhielt ich Elektricität, welche aber —1° nicht überstieg.

Durch diese Versuche ist also bewiesen, dafs auch Körper, deren Natur sich den Nichtleitern nähert, Elektricität durch Berührung erregen. Ungefähr eben so verhält sich der Feuerstein, nach meinen Versuchen ein schwacher Leiter. Der Feuerstein ist also kein passiver Leiter, wie Behrend's (Gilbert's Annal. der Physik, Bd. XXIII S. 2) behauptet, obgleich er, so wie das Quecksilberoxydul, von dem allgemeinen Gesetze Volta's dem Anscheine nach abweicht.

III. *Beobachtung über die täglichen Variationen der Abweichung in Archangelsk, angestellt von Hrn. Reinike, Flottencapitain, und mitgetheilt von A. T. Kupffer.*

Die Abweichung in Archangelsk beträgt ungefähr 2° westlich. Die Neigung fand Hr. Reinike im Jahre 1830 gleich 74° 1′ im Mittel aus Beobachtungen mit zwei Nadeln, deren einzelne Resultate um 5′ von einander abwichen. Lütke fand sie im Jahre 1823 gleich 74° 8′.

Breite des Beobachtungsorts 64° 34½'. Länge 40° 34' östlich von Greenwich.

Die Bussole, verfertigt im Atelier der Marine in Ischora, bei St. Petersburg, war so eingerichtet, dafs die Grade der Abweichung, von einer mittleren mit Null bezeichneten Richtung aus, nach Westen und nach Osten hin gezählt wurden. Man hätte also eigentlich die Bussole erst auf die mittlere Abweichung einstellen müssen, um alsdann unmittelbar die Abweichungen der Nadel von ihrer mittleren Richtung nach Westen und nach Osten zu erhalten; aber da man die mittlere Abweichung jedes Tages nicht voraus wissen kann, so kann man die Bussole natürlich nur *ungefähr* einstellen. Diese Bemerkung war zum richtigen Verständnifs der nachstehenden Tabelle nothwendig.

Die Bussole war in einem Zimmer aufgestellt, aus welchem alles Eisen entfernt worden war, nur dann und wann brachten vorüberfahrende Equipagen Oscillationen hervor. Diese Beobachtungen sind mit einem * bezeichnet.

Monat, Tag und Stunde 1830.	Nordende.	Südende.	Temperat. d. äufseren Luft R.	Zustand der Atmosphäre.
Nov. 4.				
16h 00'	0° 32' 40" W.	0° 31' 20 O.	−1°	Bedckt. Himm. u. heft. Wind SW.
20	32 30	31 20		
40	31 00	31 10		
17 00	28 20	* 10 00		
20	24 30	25 15		
40				
18 00	21 00	13 20	+0 ,5	Bewölkt. Schnee, kalter Südwind
20	20 50	12 50		
40	20 30	9 30		
19 00	19 10			
20	13 40	14 30		
40	14 20	13 50		

Digitized by Google

Monat, Tag und Stunde 1830.	Nordende.	Südende.	Temperat. d. äuſseren Luft R.	Zustand der Atmosphäre.
Nov. 4.				
20h 00′	0° 13′ 30″ W.	0° 5′ 10″ O.	+0°,5	Bewölkt, Schnee, mäſsiger Südwind.
20	16 50	10 00		
40	24 20	17 10		
21 00	17 20	10 20	+0 ,5	
20	15 10	9 10		
40	18 10	12 10		
22 00	18 00	12 00	+0 ,5	
23 00	22 10	17 40		
20	23 10	18 00		
40	19 10	15 30		
Nov. 5.				
0h 00′	21 00	16 40	+0 ,5	
20	28 20	18 20		
40	27 00	16 10		
1 00	22 00	16 10		
20	16 10	15 10		
40	19 40	17 10		
2 00	24 40	21 10	+0 ,5	
20	24 40	21 50		
40	28 40	28 10		
3 00	28 00	26 10		
20	22 25	21 00		
40	14 40	14 10		
4 00	1 30	1 20	+0 ,5	
20	15 40 O.	16 20 W.		
40	4 30 W.	10 50 O.		
5 00	15 30	21 20		
20	18 20	25 20		
40	18 20	26 10		Bewölkt, schwacher S. und S. z. O.
6 00	18 20	15 10	+0 ,5	
20	13 20	11 15		
40	14 10	11 30		
7 00	16 10	14 10		
20	9 20	4 30		
40	5 10	3 50		
8 00	17 50 O.	21 10 W.	+0 ,8	
20	21 30	21 30		
40	* 8 30	13 10		

Monat, Tag und Stunde 1830.	Nordende.	Südende.	Temperat. d. äufseren Luft R.	Zustand der Atmosphäre.
Nov. 5.				
9h 00′	0° 19′ 30″ O.	0° 14′ 40″ W.		Bewölkt, schwacher S. und S. z. O.
20	16 40	21 10		
40	0 00	6 10		
10 00	12 00 W.	8 50 O.		
20	8 10	5 30		
40	18 00 O.	14 20 W.		
11 00	8 20	5 10		
20	15 30	16 50		
40	14 30 W.	13 50 O.		SSW.
12 00	9 00	3 10	−1°	
20	7 00	8 00		
40	5 10	3 10		
13 00	6 10 O.	1 10 W.		
20	8 00	7 50		
40	0 50 W.	1 10 O.		
14 00	10 40	9 30		
20	28 30	26 50		
40	32 00	31 10		
15 00	24 10	23 40		
20	17 10	17 10		
40	16 50	16 10		Bewölkt, schwacher S.
16 00	15 10	15 40	+1	
20	18 50	20 10		
40	21 30	24 50		
17 00	18 20	20 40		
20	21 30	23 50		
40	21 10	25 20		
18 00	19 20	23 10		
20	17 10	18 50		
40	16 10	17 40		
19 00	18 30	21 20		
20	18 00	20 00		
40	17 30	20 20		Bew. schw. SO.
20 00	19 30	21 20	+0,8	
20	20 10	22 30		
40	20 10	18 50		

Monat, Tag und Stunde 1830.	Nordende.	Südende.	Temperat. d. äufseren Luft R.	Zustand der Atmosphäre.
Nov. 5.				
21ʰ 00″	0° 18′ 20″ W.	0° 17′ 50″ O.		Bewölkt, schwacher SO.
20	18 20	16 30		
40	20 10	16 10		
22 00	25 20	22 30	+0°,8	
20	25 10	23 40		
40	24 50	23 40		
23 00	24 00	22 40		
20	19 40	17 30		
40	17 30	14 40		
Nov. 6.				
0ʰ 00	33 10	31 40	+1	
20	22 40	23 20		
40	24 00	23 20		
1 00	29 10	28 50		
20	24 10	24 10		
40	19 40	23 40		
2 00	24 10	27 30		
20	23 50	24 40		
40	23 40	22 50		
3 00	23 40	22 50		
20	21 10	22 50		
40	20 50	22 40		
4 00	18 00	19 30	−1	Bewölkt, schwacher NO.
20	18 10	18 10		
40	20 40	21 10		
5 00	18 30	21 10		
20	17 30	17 50		
40	20 00	21 20		

Nach diesen Beobachtungen war die tägliche Variation in Archangelsk, in den ersten Tagen des Novembers, noch ziemlich grofs. Da zu gleicher Zeit in St. Petersburg und Nicolaew, die ungefähr unter demselben Meridian liegen, beobachtet wurde, so können wir eine Vergleichung anstellen:

		Arch.	Petersb.	Nic.
Variation von 8h Morg. bis 2h Nachm.	den 5. Nov.	11′ 10″	4′	5′
	den 6. Nov.	4′ 40″	4′	5′

Besonders merkwürdig aber sind die unregelmäſsigen Bewegungen, die so groſs sind, daſs der Unterschied der gröſsten und kleinsten Abweichung 54′ 40″ beträgt. An denselben Tagen war auch in Petersburg die Nadel unruhig, doch bei weitem weniger, noch weniger in Nicolaew; in Petersburg betrug der Unterschied der gröſsten und kleinsten Abweichung 24′, in Nicolaew 15′.

Hr. Reinike hat in demselben Jahre (1830) auch Beobachtungen über die magnetische Intensität angestellt.

Die Schwingungsdauer von sechs, viertehalb Zoll langen, magnetischen Cylindern wurde erst in St. Petersburg, auf dem Smolenskischen Felde, beobachtet. Jede Beobachtung fing mit einer Elongation von 30° an, und wurde beendigt, sobald sich die Elongation bis auf 10° verringert hatte; dazu gehörten 120 bis 160 Schwingungen. Jede Nadel wurde drei Mal beobachtet; aus jeder einzelnen Beobachtung (von 120 bis 160 Schwingungen) wurde die Dauer von 10 Schwingungen berechnet, und das Mittel aus den drei erhaltenen Werthen genommen.

So erhielt Hr. Reinike in St. Petersburg am 16. März 1830:

	Dauer von 10 Schwing.	Temperat. Fahrenheit.
Cylinder No. 1	41″,492	35°,2
- - No. 2	42 ,275	35 ,0
- - No. 3	45 ,877	29 ,0
- - No. 4	42 ,199	33 ,3
- - No. 5	42 ,940	32 ,5
- - No. 6	42 ,686	32 ,5

Ein Jahr später, im Februar 1831, gaben dieselben Cylinder im magnetischen Observatorium der Academie:

Digitized by Google

	Dauer von 10 Schwing.	Temperat. Fahrenh.
Cylinder No. 1	42″,396	68°
- - No. 2	42 ,718	69
- - No. 3	46 ,124	70
- - No. 4	43 ,161	70
- - No. 5	44 ,256	70
- - No. 6	44 ,064	70

Man sieht, dafs die Cylinder No. 2 und 3 am besten ihre magnetische Kraft bewährt haben, und deshalb die sichersten Resultate versprechen.

Der Einflufs der Temperatur auf die Intensität wurde dadurch bestimmt, dafs man die Nadel im December 1830 (in Archangelsk) in einem Zimmer schwingen liefs, welches abwechselnd erwärmt und erkältet wurde. So fanden sich folgende Correctionen für 1° Fahr. und für die Dauer von 10 Schwingungen:

Cylinder No. 1	0″,003792
- - No. 2	0 ,002266
- - No. 3	0 ,002878
- - No. 4	0 ,002414
- - No, 5	0 ,002856
- - No. 6	0 ,003304.

Reducirt man nun aber die vorhergehenden Beobachtungen auf dieselbe Temperatur von 60° Fahr., so erhält man:

	Dauer von 10 Schwingungen		
	März 1830.	Febr. 1831.	Zunahme für 1 Monat.
Cylinder No. 1	41″,586	42″,366	0″,071
- - No. 2	42 ,332	42 ,698	0 ,033
- - No. 3	45 ,967	46 ,095	0 ,012
- - No. 4	42 ,263	43 ,137	0 ,079
- - No. 5	43 ,020	44 ,227	0 ,109
- - No. 6	42 ,777	44 ,031	0 ,114

In

Digitized by Google

In Archangelsk erhielt Hr. Reinike den 17. April folgende Resultate:

	Dauer von 10 Schwingung.	Temperatur Fahr.	Dauer von 10 Schw. b. 60° F.
Cylinder No. 1	44″,421	32°,1	44″,527
- - No. 2	44 ,859	32 ,8	44 ,922
- - No. 3	48 ,662	34 ,5	48 ,736
- - No. 4	44 ,818	35 ,1	44 ,878
- - No. 5	45 ,434	36 ,1	45 ,503
- - No. 6	45 ,338	38 ,1	45 ,410

An demselben Tage wurde auch die Neigung beobachtet mit zwei Nadeln:

	Nach Mayer's Methode.	Nach Borda's Methode.
Nadel No. 1 gab	73° 58′,5	73° 37′,6
- No. 2 gab	74 8,5	74 5,5.

Das Mittel aus diesen vier Werthen ist 73° 57′,5.

Man findet hieraus, nach der bekannten Formel, nachdem man die Petersburger Beobachtungen auf denselben Zeitpunkt reducirt hat, in welchem die Beobachtungen in Archangelsk gemacht wurden (d. h. indem man die Zunahme der Schwingungsdauer für einen Monat mit in Rechnung bringt), und wenn man die magnetische Neigung in St. Petersburg gleich 71° 15′, die Intensität aber der Einheit gleich setzt, folgende Werthe für die Intensität in Archangelsk.

Cylinder No. 1	1,018
- - No. 2	1,034
- - No. 3	1,035
- - No. 4	1,037
- - No. 5	1,045
- - No. 6	1,038
Mittel	1,0345.

Hr. Reinike fand zu derselben Zeit die Abweichung in Archangelsk gleich 1° 36′ W.

Nicht weit vom Dorfe Kandalakscha (Breite 67° 7′ 48″, Länge 32° 25′ von Greenw.) wurden am Ende des August ebenfalls magnetische Beobachtungen gemacht. Die Abweichung war 5° 20′ Westlich.

Die Neigung war:

	Nadel I.	75° 4′,6
	Nadel II.	75 22,0
Mittel		75° 13′,3.

Beide nach Mayer's Methode beobachtet.

Die Cylinder gaben folgende Resultate:

		Dauer von 10 Schwingung.	Temper. Fahr.	Dauer von 10 Schw. b. 60° F.
Cylinder	No. 1	46′,519	66°	46′,497
- -	No. 2	46,956	60	46,956
- -	No. 3	51,111	52	51,134
- -	No. 4	46,966	48	46,983
- -	No. 5	47,319	56	47,330
- -	No. 6	47,433	54	47,453

Diese Beobachtungen sind fünf Monate später angestellt als die ersten in Petersburg. Wenn man hiernach die Abnahme an magnetischer Kraft, die die Cylinder erfahren haben, mit in Anschlag bringt, so erhält man, wie oben für Archangelsk, so hier für Kandalakscha:

Cylinder	No. 1	1′,025
- -	No. 2	1,032
- -	No. 3	1,021
- -	No. 4	1,039
- -	No. 5	1,067
- -	No. 6	1,051
		1,0391.

Setzt man, nach Hansteen, die Intensität in St. Petersburg gleich 1,403, so erhält man für Archangelsk 1,451 und für Kardalakscha 1,458.

Auf einer späteren Expedition nach dem weifsen Meere machte Hr. Reinike noch folgende Beobachtungen.

Drei magnetische Cylinder, von beiläufig 2 Zoll Länge, machten in St. Petersburg am Ende des Märzes 1832:

No. 1	300 Schwingungen in	10′ 27″,3	bei	15°,3	R. Temp.
No. 2	- - - -	11 5,5	-	17 ,0	- -
No. 3	- - - -	11 47,1	-	15 ,0	- -

Es wurde mit einer Elongation von 30° angefangen und 360 Schwingungen beobachtet; die 0te Beobachtung wurde von der 300sten abgezogen, die 10te von der 310ten, die 20ste von der 320sten u. s. f. bis zur 60sten und 360sten Beobachtung; das Mittel aus allen diesen sieben Differenzen wurde als die mittlere Dauer von 300 Schwingungen angesehen.

Der Einflufs der Temperatur auf die Schwingungsdauer der Cylinder wurde dadurch ausgemittelt, dafs man sie in einen besonders dazu eingerichteten Apparat in verschiedenen Temperaturen schwingen liefs. Es fand sich, dafs die Dauer von 300 Schwingungen für jeden Grad Réaum. um folgende Gröfsen zunahm.

Cylinder	No. 1 um	0″,071
- -	No. 2 um	0 ,123
- -	No. 3 um	0 ,146

Reducirt man also alle Beobachtungen auf die Temperatur 15° R., so erhält man:

In	No. 1 Dauer von 300 Schwing.	10′ 27″,3
-	No. 2 - - - -	11 5,3
-	No. 3 - - - -	11 47,1

Die magnetische Neigung war damals in St. Petersburg 71° 10′.

Dieselben Cylinder wurden in Archangelsk, und ei-

Digitized by Google

nigen noch nördlicher gelegenen Orten beobachtet im Frühjahr und Sommer 1832.

In Archangelsk machte im Mai:

No. 1	300 Schwingungen in	11′ 7″,6	bei 4°,9 R.
No. 2	- - - -	11 47 ,0	- 3°,8 -
No. 3	- - - -	12 38 ,0	- 3°,5 -

Die Neigung war in Archangelsk um dieselbe Zeit 73° 56′,8.

Auf einer der Jokanskischen Inseln (Breite 68° 4′, Länge 39° 35′ von Greenw.) machte am Ende des July:

No. 1	300 Schwingungen in	11′ 48″,7	bei 10°,7 R.
No. 2	- - - -	12 28 ,5	- 10 ,5 -
No. 3	- - - -	13 16 ,5	- 12 ,4 -

Und die magnetische Neigung daselbst:

Nadel I	76° 7′,5
Nadel II	75 58,3
Nadel III	76 24,6
Nadel IV	76 19,6
Nadel V	76 14,0
	76° 12,8.

Bei Catherinenhafen (Breite 69° 13′, Länge 33° 34′ von Greenwich) wurde den 10. August die Neigung beobachtet. Sie war für:

Nadel V 76° 20′,8.

Daselbst wurde folgende Schwingungsdauer beobachtet:

Cylinder	No. 1	300 Schwingung. in	11′ 49″,2	bei 8° R.
- -	No. 2	- - - -	12 28 ,7	- 11 -
- -	No. 3	- - - -	13 12 ,4	- 11,8 -

In Wadsö (Breite 70° 4′ Länge 29° 55′) war die Neigung, den 16 August:

Nadel II	76° 45′,1
Nadel III	77 1,1
Nadel IV	76 47,0
Mittel	76° 50′,6.

Digitized by Google

Ebendaselbst fand Hr. Reinike:

Cylinder No. 1	Dauer v. 300 Schw.	12′ 8″,3	bei	6°,9 R.
- - No. 2	- - - -	12 50 ,5	-	7 ,1 -
- - No. 3	- - - -	13 42 ,0	-	7 ,0 -

In Wardöhus (Breite 20° 22′, Länge 31° 20 v. Gr.) wurde folgende Neigung beobachtet):

Nadel II 77° 1′,1.

Ebendaselbst gaben die Cylinder folgende Resultate:

Cylinder No. 1	300 Schwing. in	12′ 9″,1	bei	6°,9 R.
- - No. 2	- - -	12 48 ,3	-	6 ,7 -
- - No. 3	- - -	13 37 ,1	-	6 ,9 -

Dieselben Cylinder wurden nochmals in St. Petersburg beobachtet, aber eine geraume Zeit später, nämlich erst im Anfange Octobers 1833. Sie gaben jetzt folgende Resultate:

Cylinder No. 1	300 Schwing. in	10′ 35″,9	bei	12°,3 R.
- - No. 2	- - -	11 12 ,7	-	- -
- - No. 3	- - -	12 2 ,4	-	- -

Oder bei 15° R. Temperatur:

No. 1	300 Schwingungen in	10′ 36″,1
No. 2	- - - -	11 13 ,0
No. 3	- - - -	12 2 ,8.

Folglich hatte die Schwingungsdauer der Cylinder in 18 Monaten zugenommen:

Cylinder No. 1 um	8″,8	oder für 1 Monat um	0″,5
- - No. 2 -	7 ,7	- - - - -	0 ,4
- - No. 3 -	15 ,7	- - - - -	0 ,9

Hiernach können also die Beobachtungen von St. Petersburg auf diejenigen Tage reducirt werden, an welchen die Beobachtungen auf den andern Punkten angestellt wurden.

Die Neigung war bis auf ein Paar Minuten dieselbe geblieben.

Man erhält so, wenn man zugleich alle Beobachtungen auf dieselbe Temperatur von 15° R. reducirt, folgende Tabelle:

Digitized by Google

		Dauer von 300 Schw. bei 15°.	Neigung.	Intensität.
Petersburg	Cylinder (No. 1)	10′ 28″,1	71° 10′	1,000
	- - (No. 2)	11 5 ,9		
	- - (No. 3)	11 48 ,4		
Archangelsk	Cylinder (No. 1)	11 8 ,3	73 56,8	1,0317
	- - (No. 2)	11 48 ,5		1,0317
	- - (No. 3)	12 39 ,7		1,0153
Petersburg	Cylinder (No. 1)	10 28 ,8	71 10	1,000
	- - (No. 2)	11 6 ,5		
	- - (No. 3)	11 49 ,8		
Jokanskische Insel	- - (No. 1)	11 49 ,0	76 12,8	1,0658
	- - (No. 2)	12 29 ,1		1,0726
	- - (No. 3)	13 16 ,9		1,0750
Petersburg	Cylinder (No. 1)	10 29 ,6	71 10	1,0000
	- - (No. 2)	11 7 ,1		
	- - (No. 3)	11 51 ,2		
Catharinenhafen	- - (No. 1)	11 49 ,7	76 20,8	1,0766
	- - (No. 2)	12 29 ,1		1,0848
	- - (No. 3)	13 12 ,8		1,0958
Petersburg	Cylinder (No. 1)	10 29 ,6	71 10	1,0000
	- - (No. 2)	11 7 ,1		
	- - (No. 3)	11 51 ,2		
Wadsö	- - (No. 1)	12 8 ,9	76 50,6	1,0581
	- - (No. 2)	12 51 ,5		1,0604
	- - (No. 3)	13 43 ,1		1,0588
Petersburg	Cylinder (No. 1)	10 29 ,6	71 10	1,0000
	- - (No. 2)	11 7 ,1		
	- - (No. 3)	11 51 ,2		
Wardöhus	Cylinder (No. 1)	12 9 ,7	77 1,0	1,0690
	- - (No. 2)	12 49 ,3		1,0806
	- - (No. 3)	13 38 ,3		1,0855

Nimmt man die Mittel aus den durch verschiedene Cylinder gefundenen Werthen, und setzt die Intensität in St. Petersburg, nach Hansteen, gleich 1,403, so erhält man:

	Intensität.
Für Archangelsk	1,440
- Jokanskische Insel	1,500
- Catherinenhafen	1,523
- Wardöhus	1,513
- Wadsö	1,486.

In St. Petersburg wurde die Schwingungsdauer dieser Cylinder in einem Hause beobachtet, dessen eisernes Dach gewifs einen, wenn auch geringen Einflufs auf die Schwingungsdauer ausübte. Es wurde deshalb später die Intensität dieses Punktes mit derjenigen im magnetischen Observatorium der Academie (die man als die wahre Intensität von St. Petersburg ansehen kann) verglichen, indem man denselben Cylinder (No. 3) erst in dem bezeichneten Hause, dann im magnetischen Observatorio schwingen liefs. Es fand sich, dafs, wenn man die Intensität im magnetischen Observatorio der Einheit gleich setzt, die Intensität im bezeichneten Hause gleich 0,9824 war. Mit dieser Zahl müssen also alle obigen Werthe multiplicirt werden, Petersburg ausgenommen, dessen Intensität wir, nach Hansteen, gleich 1,403 gesetzt haben.

Man erhält so:

Für Archangelsk	1,415
- Jokanskische Insel	1,474
- Catharinenhafen	1,496
- Wardöhus	1,486
- Wadsö	1,460.

Für Archangelsk giebt die Hansteen'sche Karte 1,444, also eine gröfsere Intensität; man sieht auch aus der Vergleichung des eben gefundenen Werthes mit dem vorhergehenden, ebenfalls von Hrn. Reinike, nur mit

Digitized by Google

andern Cylindern und in einem andern Jahre gefundenen, dafs 1,415 etwas zu klein seyn mufs. Für Wardöhus giebt die Hansteen'sche Karte 1,477.

IV. *Bemerkungen gegen den in diesen Annalen (Bd. XXIX S. 381) enthaltenen, wider mich gerichteten Aufsatz des Hrn. Muncke über Thermoelektricität des Glases; von E. Lenz.*

Hr. Muncke hält die von mir (Poggend. Annalen, Bd. XXV) gegen seine Behauptung der Thermoelektricität des Glases gemachten Einwürfe und Versuche für gar nichts gegen seine Hypothese beweisend, und setzt die Gründe für dieses sein Dafürhalten aus einander. Hierauf habe ich Folgendes zu erwiedern.

Ich habe in meiner Abhandlung Zweierlei zu beweisen gesucht:

1) dafs die Bewegungen in meiner Drehwage nicht durch Elektricität erzeugt werden,
2) dafs die Ursache derselben in Luftströmungen zu suchen sey.

Was nun den ersten Punkt betrifft, so ist es dieser, gegen den Hrn. Muncke's Vorwurf gerichtet ist, und zwar deshalb, weil, nach seiner Meinung, bei meinen Versuchen die Anziehung der Elektricität des Glases auf den Hebelarm des Wagebalkens so unvortheilhaft wirkte, dafs es gar nicht zu verwundern war, wenn die von ihm behaupteten Bewegungen nicht erfolgten. — Wir wollen den Fall näher betrachten. Bei der unempfindlichen Aufhängung des Wagebalkens meiner Drehwage an dem Silberfaden (dessen Dicke ich, auf Hrn. Muncke's Verlangen, hier $=\frac{1}{20}$ Millim. angebe), ward der Wagebalken, wenn er sich in der unteren Hälfte des Raums be-

fand, in welchem er hing, um 5° zur erwärmten Stelle der oberen Glasplatte hinbewegt. Hing er an drei Coconfäden, so wurde das Holundermarkkügelchen am Ende desselben bis zum vordern Rande des auf der Glasplatte ruhenden warmen Cubus hingezogen, wobei sich die Drehung der Coconfäden als völlig unwirksam erwies. Wir können also diesen Punkt als den anziehenden ansehen. Nehmen wir den Wagebalken nun bei der ersten Aufhängung am Silberfaden in der Lage, wo das Holunderkügelchen die gröfste Anziehung von 5° zur erwärmten Stelle hin erlangt hat, und berücksichtigen wir die in meiner früheren Abhandlung angegebenen Dimensionen der verschiedenen Theile meines Apparats, so ergiebt sich leicht die horizontale Proportion der Entfernung des vorderen Randes des warmen Cubus zur Mitte des Holunderkügelchens =88,54 Millimet., während der verticale Abstand desselben von der oberen Glasplatte =34 Millimet. war. — Hieraus finden wir die horizontale und auf den Wagebalken senkrecht gerichtete Componente der Anziehung des Kügelchens zur erwärmten Stelle (die ganze Anziehung =1 gesetzt) =0,912, folglich wirkt die Anziehung mit mehr als als $\frac{9}{10}$ ihrer vollen Kraft auf die Drehung des Wagebalkens hin und somit fällt auch Hrn. Munke's Vorwurf, als schiene ich die Aufhängung recht absichtlich so eingerichtet zu haben, dafs die Thermoelektricität des Glases unwirksam würde, in sofern dieses von der *Richtung* der Anziehung behauptet wurde, weg. Nachdem die Anziehung von 5° erfolgt war, gab ich der Kugel Elektricität, erst positive, dann negative; dadurch hätte sie nun entweder zur erwärmten Stelle hingezogen oder von ihr abgestofsen werden müssen, je nachdem das Glas — oder + Elektricität besafs, und da diese Anziehung oder Abstofsung mit mehr als $\frac{9}{10}$ ihrer Kraft auf die Drehung hinarbeitete, und doch bestimmt keine Drehung von 1° erfolgte, so bliebe nur die Unempfindlichkeit der Aufhängung am

Silberfaden als Ursache dieses negativen Resultats übrig. Diese ruft auch Hr. Muncke zu Hülfe, indem er geradezu behauptet, dafs die von ihm beobachtete Drehung durch Elektricität des Glases bei Aufhängung an einem Silberfaden gewifs nicht bemerkt werden könnte (S. 385). — Daher giebt er dann auch den zweiten der oben berührten Punkte zu, d. h. er schreibt die von mir beobachteten Phänomene, wie ich selbst, Luftströmungen zu, wie solches denn auch nach der Verschiedenheit der Abweichung, je nachdem der Wagebalken in der oberen oder unteren Hälfte des Raums zwischen der Boden- und oberen Glasplatte hing, nicht wohl anders anzunehmen ist. Daraus folgt nun aber auch offenbar, da diese Luftströmungen eine Abweichung von 5° hervorbrachten, während die Kugel durch mitgetheilte Elektricität keine Ablenkung eines ganzen Grades erfuhr, dafs die Luftströmungen fünf Mal stärker wirkten, als die vermeintliche Thermoelektricität des Glases auf die elektrisirte Kugel, folglich etwa zehn Mal stärker als die Wirkung derselben auf eine nicht elektrisirte, welches letztere bei Hrn. Muncke's Versuchen immer der Fall war. Nun glaube ich aber doch, dafs ich in diesem Falle von Hrn. Muncke mit Recht verlangen kann, dafs er seine Versuche von diesem 10 Mal mächtigeren Einflufs der Luftströmungen befreie, ehe er seine hypothetische Thermoelektricität des Glases als erwiesene Wahrheit allgemein anerkannt wissen will, und dafs er sie auf bessere Beweise gründe, als auf den oft wiederholten Satz: »ich, Kapitain Kater und andere Freunde fanden, dafs diese Bewegungen durchaus wie elektrische aussehen.« — Sein zweiter Grund, dafs die Bewegungen des Wagebalkens, nach Fresnel's, Pouillet's und seinen eigenen Versuchen, bei 400facher Verdünnung der Luft in dem Apparate ebenfalls stattfanden, ist, nach Pouillet's Erfahrungen, nicht haltbar, denn dieser Experimentator fand auch hier eine Entgegensetzung der Richtung dieser Bewegungen, je nachdem

der Wagebalken oben oder unten hing, was Hr. Muncke in seinem Aufsatz (Poggend. Ann. XXII) anführt, wovon er aber nachher ganz abstrahirt. Ich habe in meiner früheren Abhandlung zu zeigen gesucht, woher es sich erkläre, dafs die Bewegungen durch Strömungen in verdünnter Luft fast eben so erfolgen als unter dem gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre, weil nämlich wahrscheinlich, was an Strömungen abgeht, durch Geschwindigkeit ersetzt werden möchte.

Es ist überhaupt auffallend, dafs Hr. Muncke die Verschiedenartigkeit der Bewegungen im untern und obern Raum, die doch durchaus entscheidend gegen seine Hypothese sind, gar nicht berücksichtigt, oder dafs er sich wenigstens von ihrem Nichtdaseyn nicht durch eigene Versuche zu überzeugen suchte, da diese Verschiedenheit doch einstimmig von Hrn. Pouillet und mir in der Erfahrung nachgewiesen worden ist. Ich hatte gehofft, meine Abhandlung würde ihn dazu veranlassen; da ich mich aber in dieser Hoffnung getäuscht sah, so beschlofs ich, diese Versuche an einem, dem Muncke'schen an Empfindlichkeit ähnlichen Apparate anzustellen. Ich construirte mir also eine Drehwage, wo der Wagebalken ein feiner Glasfaden (von 0,3 Millimet. Dicke) war, der an dem einen, 50 Millimet. langen, Arme ein Holundermarkkügelchen (von 7 Millimet. Durchmesser) trug, an dem anderen kürzeren Arme (33 Millimet. lang) aber durch ein Lackkügelchen (von 2,7 Millim. Durchmesser) aufgewogen wurde. Aufgehängt wurde dieser leichte Wagebalken an einen einfachen Coconfaden. Der Glascylinder der Drehwage, in welchem sich der Wagebalken befand, und innerhalb welches er in jeder beliebigen Höhe, durch Aufwinden des oberen Endes des Coconfadens, horizontal schwebend erhalten werden konnte, hatte eine Höhe von 133 und einen Durchmesser von 138 Millimet.; der Boden desselben war Holz, der Dekkel eine Glasplatte, die in der Mitte eine Glasröhre für

den Coconfaden trug. Die Resultate der Versuche mit diesem Apparate waren folgende:

Als er auf einem Fensterbrette gegen Norden stand, so richtete sich das Holunderkügelchen, wenn der Wagebalken im unteren Raum hing, gerade vom Fenster ab, dem Zimmer zu, und ein seitwärts genäherter warmer Körper zog es zu sich hin, bis es sich ihm gegenüber einstellte; eine Drehung des Coconfadens von 360° veränderte an beiden Phänomenen, so wie an dem folgenden, gar nichts. — Als der Wagebalken aber im oberen Raum hing, richtete sich das Holunderkügelchen *gerade zum Fenster hin*, und ein seitwärts genäherter warmer Körper *stiefs dasselbe ab*, so dafs es sich in einer ihm diametral entgegengesetzten Stellung festsetzte. Die Annäherung des erwärmten Körpers geschah etwa 60° seitwärts von der Richtung des Wagebalkens bis auf 1 Zoll von der äufseren Glaswand; der Körper war ein birnförmiges, massives Messingstück, seine Temperatur etwa 60° R. — Diese letzten beiden Phänomene sprechen offenbar geradezu gegen Hrn. Muncke's Thermoelektricität. Da Hr. Muncke sich auf Zeugen beruft, so sey es mir vergönnt auch von meiner Seite die HH. Academiker Parrot, Kupffer und Hefs als solche zu nennen, welche mir die Erlaubnifs dazu ertheilt haben.

Hr. Muncke sagt ferner in seinem letzten Aufsatze, dafs er eigentlich die Thermoelektricität des Glases gar nicht habe beweisen wollen, denn sie sey schon früher bekannt, ja ein ganz roher Versuch beweise sie augenscheinlich. Man brauche nur eine Glasplatte auf einem warmen Ofen zu erwärmen, und sie werde nicht nur das Electrometer afficiren, sondern selbst eine frei schwebende Pflaumfeder anziehen. — Was das frühere Bekanntseyn der Thermoelektricität des Glases betrifft, so mufs ich es Hrn. Muncke überlassen, mir eine Stelle darüber in einem Lehrbuche oder Journale nachzuweisen; ich habe bisher nie etwas davon gehört oder gele-

sen, sondern unter den durch Wärme elektrisch werdenden Körpern immer nur *krystallisirte* angeführt gesehen. Im Gegentheil will Matteuci gefunden haben, dafs das Glas zwar durch's Sonnenlicht elektrisch werde, durch dunkle Wärme aber *durchaus nicht.* Hr. Muncke sagt zwar, dafs die Versuche jenes Physikers, durch Berührung einer erwärmten Glasplatte und des Knopfes eines Goldblatt-Elektrometers, viel zu unvollkommen angestellt seyen (Poggend. Annal. Bd. XX S. 425); wie stimmt dieses denn aber mit dem so eben angeführten Versuche zusammen, dafs nämlich eine erwärmte Glasplatte nicht nur das Elektrometer afficire, sondern auch selbst eine Pflaumfeder anziehe? Hier wird derselbe Versuch als Beweis seiner Hypothese angeführt, welchen er als zu unvollkommen verwarf, als das Resultat seiner Ansicht entgegen war. — Wie dem auch sey, so wäre der erwähnte rohe Versuch allerdings gegen meine Ansicht von grofsem Gewichte, wenn er wirklich das von Hrn. Muncke behauptete Resultat gäbe. Ich beeilte mich daher gleich nach Lesung der Muncke'schen Abhandlung ihn zu wiederholen. Ich nahm eine quadratförmige Platte hiesigen Spiegelglases von 9 Quadratzoll Oberfläche, schraubte sie an einem Ende in einen Handfeilkolben und prüfte sie an einem empfindlichen Bohnenberger'schen Elektrometer [1]); nachdem sie in Wasser getaucht und an der Luft trocken geworden war, hatte sie alle zufällig durch Reibung in ihr vorhandene Elektricität verloren. Hierauf stellte ich sie vorsichtig, mit möglichster Vermeidung aller Reibung, in einen vor einigen Stunden geheizten Ofen, indem ich sie immer nur am Feilkolben fafste, und nachdem sie eine Viertelstunde darin gelegen, brachte ich sie an's Elektrometer. In mehr als zwanzig Fällen

1) Er giebt bei dem Volta'schen Fundamentalversuche der Trennung einer Zink- und Kupferplatte, wo erstere z. B. mit dem Erdboden in Verbindung steht, die Negativität der Kupferplatte ohne Condensator sehr merklich an.

Digitized by Google

gab sie nicht die geringste Spur von Elektricität, nur einmal zeigte sich eine kleine Spur, die aber offenbar von Reibung des Glases bei Hineinbringung in den Ofen oder selbst beim Tragen durch die Luft an dieser entstanden war. Die Temperatur der Platte war so, dafs ich den Feilkolben nicht wohl mit blofser Hand anfassen konnte. — Dieses Resultat widerspricht dem von Muncke erhaltenen geradezu, und ich begreife diesen Widerspruch in der That nicht, denn von Hrn. Muncke kann man unmöglich annehmen, dafs er den Versuch *so sehr roh* angestellt habe, dafs er die warme, also sehr trockne Glasplatte unmittelbar mit der Hand angefafst habe (in der That macht das leiseste Streichen des Glases mit den Fingerspitzen das Elektrometer an den negativen Pol des Zamboni'schen Säulchen anschlagen). — Auch für diesen Versuch kann ich die oben angeführten Männer als Zeugen anführen. — Da ich die Ursache des Widerspruchs zwischen unseren Resultaten eines und desselben Versuchs in Verschiedenheit des Glases vermuthete, so habe ich ihn mit böhmischem Glase, welches sich durch seine bedeutend gröfsere Härte vor dem hiesigen auszeichnet, wiederholt, aber ganz mit demselben Erfolge.

Endlich sagt Hr. Muncke (S. 385): »Wenn Jemand aber vorzieht anzunehmen, die ausnehmend langsame Drehung des Wagebalkens durch einen Bogen von 90° gegen eine 2 Pariser Fufs entfernte Kerzenflamme (die ein gewöhnliches feines Quecksilberthermometer gar nicht wahrnehmbar afficirte) und das nachherige Feststehen in dieser Richtung werde durch Luftströmungen im verschlossenen Raume der gläsernen Halbkugel bewirkt, so scheint es mir am besten hierüber gar nicht zu streiten.« Dieser Satz des Hrn. Muncke entscheidet gar nichts, denn ich sehe nicht ein, mit welchem Recht Hr. Muncke den geringen Temperaturunterschied für Erzeugung der Thermoelektricität hinreichend findet und zu-

gleich seine Wirksamkeit für Luftströmungen als gar nicht denkbar ansieht. Denn selbst das etwas sonderbare Argument, welches Hr. Muncke in seinem früheren Aufsatz (Bd. XX S. 424) gegen Diejenigen vorbringt, die sich wundern, dafs ein so geringer Temperaturunterschied im Glase dieser schon thermoelektrisch erregen könne, läfst sich mit demselben Rechte auf Luftströmungen anwenden, wenn man nur die Worte: »elektrische Spannung und Elektricität« in »Luftströmungen« übersetzt; es heifst dort nämlich: »Endlich läfst sich aus der Kleinheit der *elektrischen Spannung* kein Argument hernehmen (d. h. gegen die Hypothese der Thermoelektricität), denn eben hierin liegt das Merkwürdige des Phänomens, dafs eine so geringe Wärmedifferenz und die dadurch erzeugte, anderweitig ganz unmefsbare Wärmeströmung dennoch hinreichend ist, um eine *Elektricität* zu erregen, welche die im höchsten Grade leichte Bewegung des Wagebalkens erzeugt.« — Uebrigens aber widerlegt ein Versuch mit dem zuletzt von mir construirten, dem Munckeschen an Empfindlichkeit wenig nachstehenden Apparate, den zuletzt erwähnten abweisenden Ausspruch des Hrn. Muncke geradezu. Eine ihm auf 2 Fufs genäherte Wachskerze brachte eine Abweichung von 30° hervor, und zwar war die Bewegung *von der Seite der Kerze* abgewandt, weil der Wagebalken im oberen Raum hing; also fand hier offenbar eine Abweichung durch die 2 Fufs entfernte Kerze statt, die gewifs von keiner Thermoelektricität des Glases herrührt, sondern von Luftströmungen, da das Holunderkügelchen von der, der Kerze zugekehrten Wand des Glascylinders der Drehwage scheinbar *abgestofsen ward.* Der Versuch ward mit demselben Erfolge sechs Mal wiederholt.

Das Einzige was mir noch übrig zu bleiben scheint, wenn Hr. Muncke seine Versuche für durchaus überzeugend ansieht, wäre, dafs die Glassorten sich verschieden in Hinsicht auf Thermoelektricität verhalten; allein

Digitized by Google

für mich ist auch dafür wenig Wahrscheinlichkeit vorhanden, denn der Glascylinder des von mir zuletzt construirten Apparats war aus Göttingen, und gab dennoch eben solche Resultate, wie das böhmische und hiesige Glas. Indessen mag Hrn. Muncke's Glas doch ein ganz besonderes seyn; in diesem Falle aber, glaube ich, würde er der Wissenschaft würdiger handeln, wenn er sein früheres Argument, welches von dem Aussehen der Bewegungen hergenommen ist, und höchstens für Augenzeugen volle Beweiskraft haben kann, fahren liefse, und seine Versuche so anstellte, dafs er den Wagebalken in den oberen und unteren Raum eines Glascylinders aufhängen kann. Geschieht die Ablenkung dann im unteren zur wärmeren Stelle hin, im oberen aber von ihr weg, so mufs er seine Hypothese der Thermoelektricität fahren lassen; ist die Richtung der Ablenkung aber in beiden Fällen dieselbe, so mufs ich Hrn. Muncke für *seinen* Apparat Recht geben. Der Versuch ist einfach und durchaus entscheidend. Bis Hr. Muncke ihn aber angestellt hat, kann ich nicht anders, als seiner Hypothese der Thermoelektricität widersprechen.

Was die Versuche des Hrn. Becquerel betrifft, die Hr. Muncke in der Nachschrift seines letzten Aufsatzes erwähnt, so müssen wir die Bekanntmachung derselben von Hrn. Becquerel selbst abwarten; vielleicht, dafs sie in der That die Thermoelektricität besonderer Glassorten, nach Art der des Turmalins, beweisen.

Hiemit habe ich zur Ausmittlung der Wahrheit gethan was ich konnte; ich mufs es nun anderen Experimentatoren überlassen, meine Versuche und die des Hrn. Muncke zu controliren, was ich um so eher hoffen darf, da sie so leicht zu wiederholen sind, indem die dazu gehörige Drehwage (wie die von Coulomb angegebene elektrische) wohl den meisten Physikern zu Gebote steht; Hrn. Muncke aber kann ich aufrichtig versichern, dafs es mir auf jeden Fall erfreulich seyn wird,

wenn

Digitized by Google

wenn der in Frage stehende Punkt auf diese Weise bestimmt entschieden wird, sollten selbst meine Ansichten dadurch widerlegt werden.

V. *Ueber die optischen Eigenschaften der hemiprismatischen oder zwei- und eingliedrigen Krystalle. Aus einem Schreiben des Prof. F. E. Neumann an den Herausgeber.*

— Unter der grofsen Anzahl schöner optischer Präparate, welche Hr. Professor Nörrenberg in Tübingen mir bei meiner Anwesenheit daselbst im vorigen Jahre zeigte, zog dasjenige des Gypses ganz besonders meine Aufmerksamkeit auf sich. Es waren nämlich *Gypsplatten, senkrecht geschnitten gegen die Linie, welche den Winkel der optischen Axen halbirt, und diese Platten zeigten in Betreff der Farben der Ringsysteme eine auffallende Verschiedenheit zwischen beiden Axen.* Herschel[1]) hat die zweiaxigen Krystalle nach den Farbenerscheinungen um ihre Axen in zwei grofse Klassen getheilt. Wenn man zwei Turmalinplatten rechtwinklig kreuzt und den Hauptschnitt eines zweiaxigen Krystalls parallel mit einer der Turmalinaxen dazwischen bringt, so kehren, bei einem Krystalle der ersten Klasse z. B. beim Topas, die centralen farbigen Räume um die Axen einander ihre blaue Enden zu; dagegen ihre rothe Enden, wenn der Krystall zur zweiten Klasse gehört, wie der Arragonit. Die eine der Gypsaxen gehört nun entschieden zur zweiten Klasse; sie ist lebhaft gefärbt, roth und grün, und das Roth ist der andern Axe zugekehrt; diese andere Axe zeigt nur eine schwache und undeutliche Färbung der Enden der centralen gelben Ellipse, so

1) *Philosoph. Transact.* 1820.

dafs man zweifeln kann, ob diese Axe nicht zur ersten Klasse gehöre, oder doch zu jener seltenen *dritten* Klasse, wo beide Enden der centralen Ellipse keinen Unterschied der Färbung sehen lassen. In der That bin ich bei meinen ersten Platten, die über 4 Linien dick waren, in diesem Zweifel gewesen; erst bei Platten von etwa zwei Linien sah ich eine unzweideutige Färbung der Enden der centralen Axenräume, das Roth der andern Axe zugekehrt [1]).

Diefs Phänomen rührt nicht her von einer fehlerhaf-

1) Durch die Güte des Hrn. Prof. Nörrenberg, welcher mich bereits im Sommer 1832, auf einer Durchreise durch Darmstadt, mit der in Rede stehenden Erscheinung bekannt machte, besitze ich einen von ihm selbst geschliffenen Gypskrystall, an dem die Farbenverschiedenheit der Ringsysteme um beide Axen ungemein schön zu beobachten ist. Ich finde jedoch die Farben an diesem Exemplare etwas anders als sie von Hrn. Prof. Neumann an seinen Krystallen wahrgenommen worden sind, und halte es deshalb nicht für ganz überflüssig sie hier kurz anzugeben. Vorausgesetzt, dafs jener Krystall, an dem die beiden geschliffenen Flächen unter sich parallel, und gegen die sogenannte Mittellinie etwa senkrecht sind, in der gehörigen Lage zwischen die beiden rechtwinklig gekreuzten Turmaline gebracht sey, der schwarze Strich des einen Ringsystems also in die Verlängerung von dem des andern Systems fallen würde, erblickt man Folgendes.

Das Ringsystem der einen Axe (wahrscheinlich der *rothen* des Hrn. Professor Neumann) hat in seiner, von dem Ringsystem der andern Axe *abgewandten* Hälfte einen lebhaften *gelben* Farbenton, der besonders in den Zwischenräumen der Ringe sichtbar ist, aber sich selbst in den Farben der Ringe noch deutlich erkennen läfst, da deren Blau dadurch einen grünen Ton besitzt. Dieser gelbe Farbenton nimmt von dem schwarzen Striche abwärts zu beiden Seiten hin allmälig an Stärke ab, und zwar so, dafs er desto schmäler wird, je näher er dem Mittelpunkt des Ringsystems kommt; er erstreckt sich jedoch noch über die Mitte hinaus, in die andere Hälfte des Ringsystems hinein, und er füllt namentlich den ganzen Raum, welcher vom innersten Ringe dieses Systems eingeschlossen wird. Die zweite Hälfte des Ringsystems dieser Axe, d. h. die dem Ringsystem der andern Axe *zugewandte* Hälfte, zeigt dagegen einen schön *veilchenblauen Farbenkeil*, der aber erst etwa beim zweiten Ringe (von der Mitte aus gezählt) anfängt, und von da ab nach den äu-

ten Lage der Schnitte, auch nicht von den fast unvermeidlichen Drückungen bei Bearbeitung der Platten, wie

ſseren Ringen eben so an Breite zunimmt, als die Intensität seiner Farbe abwärts von dem schwarzen Striche, der ihn halbirt, nach beiden Seiten hin allmälig schwächer wird.

Das Ringsystem der andern Axe (der *matten* des Hrn. Prof. Neumann) zeigt diese lebhaften Farbenkeile nicht; die Zwischenräume der Ringe sind farblos, gleich wie der vom innersten Ringe eingeschlossene Raum; allein man bemerkt in der dem Ringsystem der ersten Axe *zugewandten* Hälfte, zu beiden Seiten des schwarzen Strichs, an den zwei oder drei ersten Ringen einen schönen *rosenrothen* Farbenton, der aber nur schmal ist und sich weiter abwärts von der Mitte des Systems bald verliert. In der von dem Ringsystem der ersten Axe *abgewandten* Hälfte hat der schwarze Strich zu beiden Seiten einen *meergrünen* Farbensaum, der zwar breiter ist und sich weiter abwärts von der Mitte verfolgen läſst als der rosenrothe, aber doch bei weitem nicht die Intensität und Extension des gelben oder veilchenblauen Keils im Ringsystem der ersten Axe besitzt.

Dieses erste Ringsystem unterscheidet sich überdieſs noch dadurch von dem der matten Axe, daſs die Ringe darin ungleich zahlreicher sind als beim letzteren. Bei Anwendung von weiſsem Lichte zählt man in jenem System (der sogenannten rothen Axe) mit Leichtigkeit 18 bis 20 Ringe; bei dem Systeme der matten Axe dagegen kaum 6 bis 8. Die Farben der eigentlichen Ringe, so weit sie nicht durch die erwähnten Farbenkeile abgeändert werden, scheinen bei beiden Axen gleich zu seyn, und das Roth unter denselben nach innen zu liegen; doch wage ich darüber, wie überhaupt über die Folge dieser Farben, nicht zu entscheiden.

Der Nörrenberg'sche Gypskrystall, gemessen in Richtung der sogenannten Mittellinie, auf welcher die geschliffenen Flächen senkrecht stehen, miſst 6,5 Par. Linien, ist also bedeutend dicker (oder länger, wenn man will) als der von Hrn. Prof. Neumann untersuchte. Ich glaubte daher anfangs das Abweichende in den von uns beobachteten Farben läge in der Verschiedenheit der Dimensionen der Krystalle; allein ich habe später Gelegenheit gehabt, zwei andere, Hrn. Prof. Mitscherlich zugehörige Krystalle zu untersuchen, einen etwa 5, und den andern etwa 4 Linien dick; und habe an beiden im Wesentlichen dieselben Farben wie am Nörrenberg'schen Krystall wahrgenommen. *P.*

Digitized by Google

unangenehm störend diese auch sonst auf die Regelmäſsigkeit der Ringe wirken; — vielmehr ist er ein constantes, an die krystallinische Structur gebundenes Phänomen. *Die Zerstreuung der Axen ist auf beiden Seiten der Mittellinie ungleich.* Es hat, um in der Terminologie der Fresnel'schen Theorie zu reden, eine jede Farbe ihre eigenen Elasticitätsaxen, die nicht allein der Gröſse nach verschieden sind, was bekannt war, sondern auch der *Lage nach.* Dieſs ist die Bedeutung der schönen Entdeckung von Hrn. Nörrenberg beim Gyps, von der Sie gerne diese kurze Notiz in Ihre geschätzten Annalen aufnehmen werden.

Es ist aber das Verhalten der optischen Axen im Gyps nicht die einzige bekannte Thatsache, aus welcher sich — wenn es noch erlaubt ist, die Terminologie der Fresnel'schen Theorie auf unsymmetrische Krystalle anzuwenden — *eine Zerstreuung der Elasticitätsaxen* ergiebt. Schon früher hat Hr. Nörrenberg, gleichzeitig mit Herschel ein Factum aufgefunden, aus welchem mit unmittelbarer Evidenz hervorgeht, daſs die Elasticitätsaxen der verschiedenen Farben eine verschiedene Richtung haben — ich meine die Erscheinungen, welche der Borax [1]) zeigt. Hier liegen nicht, wie beim Gyps, die gröſsten und kleinsten Elasticitätsaxen in der Ebene, durch welche die Krystallgestalt symmetrisch getheilt wird, sondern in einer darauf senkrecht stehenden; wie beim Gyps variiren aber der Lage nach für die verschiedenen Farben *die beiden* Elasticitätsaxen, welche in der symmetrisch theilenden Ebene liegen; die optischen Axen für die einzelnen Farben liegen in *verschiedenen*, gegen jene Ebene senkrechten Ebenen; sie sind also über einen Theil einer Kegeloberfläche zerstreut. Herschel sagt von der Curve, in welcher die Farbenaxen beim Borax dem Auge erscheinen, daſs sie wahrscheinlich Stücke unbekannter, von der Fresnel'schen Elasticitätsoberfläche abhängiger

1) Diese Annalen, Bd. XXVI S. 309.

Digitized by Google

Linien seyen. Es ist also um so mehr herrvorzuheben, dafs dem Phänomen eine neue, mit der Fresnel'schen Theorie in keinem Zusammenhange stehende, ja ihr widersprechende Thatsache zum Grunde liegt. Die Analogie, die Sie, verehrter Freund, zwischen diesem Phänomen und demjenigen sahen, wo die optischen Axen der einzelnen Farben in zweierlei auf einander senkrechten Ebenen liegen, wie Sie diefs wahrscheinlich für den Gyps in höheren Temperaturen machten, und wie Brewster diefs am Glauberit nachgewiesen hat [1]); diese Analogie ist nur scheinbar, weil sich hier alles aus der verschiedenen Länge der Elasticitätsaxen für die einzelnen Farben erklärt, ohne dafs ihre Richtung variirt.

Ich komme auf den Gyps zurück. Ich kann Ihnen eine andere Thatsache mittheilen, welche für sich schon die Verschiedenheit der beiden optischen Axen des Gypses beweist. Nach Hrn. Mitscherlich's schöner Entdeckung nähern sich die beiden Axen bei erhöhter Temperatur und vereinigen sich zwischen 70° und 80° R. Aber ich habe gefunden, dafs die Geschwindigkeit, mit welcher die Axen sich gegen einander bewegen, für die beiden Axen sehr verschieden ist, *die eine Axe bewegt sich beinahe halbmal schneller als die andere.* Zur bequemen Bezeichnung nenne ich die eine Axe die *rothe*, diejenige mit lebhafter Färbung, die andere die *matte* Axe. Es ist die letztere, welche die viel raschere Bewegung mit der Temperaturveränderung macht. Doch, ehe ich zu den hierüber angestellten Beobachtungen übergehe, erlauben Sie mir, Ihnen die Methode anzugeben, deren ich mich zur Bestimmung der Lage der optischen Axen überhaupt bedient habe; sie ist einfach und läfst jede erreichbare Genauigkeit zu. Ich lasse das Licht [2]) durch eine Turmalinplatte auf eine Linse fallen, in deren Focus ungefähr sich der Krystall befindet; auf diesen habe ich ein Fernrohr gerichtet, vor dessen Ocular die zweite

1) Annal. Bd. XXVII S. 480.

2) Von einer Löthrohrlampe.

Digitized by Google

Turmalinplatte angebracht ist; in der Ebene des Fadenkreuzes befindet sich bei schicklicher Stellung des Krystalls nun das Ringsystem. Der Krystall ist an einem Goniometer so befestigt, dafs diese Stellung durch blofse Drehung der Goniometeraxe hervorgebracht wird. Die erste Anwendung dieser Vorrichtung machte ich zur Bestimmung der Neigung der scheinbaren optischen Axen des *Arragonits*, welche Rudberg 32°, Brewster aber 29° 56′ gefunden hat [1]), und die 30° 46′ seyn sollte. Ich fand sie an der einen Ebene einer Platte von einem böhmischen Arragonit 30° 47′, an der anderen 30° 50′ [2]). Die Differenz von 3′ schiebe ich auf die Unvollkommenheit, mit der ich die Flächen plan geschliffen hatte.

Ich wollte nun die Neigung der optischen Axen im Gyps und ihre Richtungen in Beziehung auf die krystallinische Structur bestimmen. Wie sorgfältig ich auch die Flächen plan zu schleifen suchte, die Uebereinstimmung der einzelnen Beobachtungen war viel geringer als ich zu erwarten berechtigt war, und als ich beim Arragonit sie gefunden hatte. Eine genügende Uebereinstimmung erreichte ich erst als ich bemerkt hatte, dafs eine Temperaturveränderung von 0,1 Grad eine merkliche Veränderung in der Lage der Axen hervorbringt — dafs also meine Nähe aufser Einflufs auf die Krystalle gesetzt werden mufste. Meine Messungen waren folgende:

Zuerst an einer Platte, an welcher zwei Paare von Flächen geschnitten waren, die nur wenig schief gegen die optischen Axen geneigt standen. Die Zeichnung Fig. 1 Taf. II wird meine Messungen erläutern. Ich lege die Normalen der beiden Flächen, durch welche ich die optischen Axen beobachtete, durch den Mittelpunkt einer Kugel, deren Oberfläche sie in den Punkten M und R schneiden; die scheinbaren optischen Axen durch denselben Mittelpunkt gelegt, schneiden die Oberfläche in r

1) Annal. Bd. XXVII S. 504.

2) Jede dieser Bestimmungen ist das Mittel aus 5 Beobachtungen, die nur wenige Minuten von einander abwichen.

Digitized by Google

und m, r ist die *rothe* Axe, m die *matte*. Die wahren optischen Axen haben die Durchschnittspunkte r' und m', und sind so bestimmt, dafs $\sin Rr' : \sin Rr = \sin Mm' : \sin Mm =$ die mittlere Geschwindigkeit des Lichtes im Gyps zu Eins. Gemessen wurden folgende Winkel: 1) Mr, 2) Rm, 3) $r\varrho$, 4) $m\mu$, 5) RM.

Die Winkel Mr und Rm wurden so gemessen, wie Fig. 2 Taf. II zeigt. Das Fernrohr F war senkrecht gegen die Goniometeraxe und auf den entfernten Gegenstand A gerichtet; die Krystallebene kk, parallel mit der Goniometeraxe, reflectirte den Gegenstand B in's Fernrohr; der Winkel BCA war vorher gemessen mittelst des Goniometers; seine Hälfte ist jetzt die Neigung des Fernrohrs gegen die Krystallfläche. Diese wurde jetzt mittelst der Goniometeraxe in die Lage $k'k'$ gedreht, wo der Mittelpunkt der Farbenringe auf das Fadenkreuz des Fernrohrs fiel. Die Hälfte des Winkels ACB, addirt zu dem Drehungswinkel, ist die Neigung der scheinbaren Axe gegen die Krystallebene. — Die Winkel $r\varrho$ und $m\mu$ wurden nur ungefähr gemessen. Der Krystall wurde so an der Goniometeraxe befestigt, dafs die Ebene MR senkrecht darauf stand, das Fernrohr, ungefähr horizontal, wurde so schief gegen die horizontale Goniometeraxe gestellt, dafs durch Drehung des Krystalls der Mittelpunkt eines Farbenringes, z. B. der von m, aufs Fadenkreuz geworfen wurde. Die Neigung des Fernrohrs gegen die auf der Goniometeraxe senkrechten Stellung ist der Winkel $m\mu$. Die Neigung des Fernrohrs wurde durch eine entfernte Scale, die durch dasselbe abgelesen wurde, bestimmt. Ich fand:

mR	bei der Temperatur	16,2 R.	$=57°$ 4'
rM	- - - -	16,6 -	$=56$ 35
	- - - -	16,1 -	$=56$ 41,7
	- - - -	16,0 -	$=56$ 43,6
	Also bei	16,2 -	$=56$ 40

ferner: $m\mu = 4^\circ\ 20'$
$r\varrho = 3\ \ 4$
$MR = 54\ \ 34$

Um hieraus den Winkel $r'm'$, d. i. die Neigung der wahren optischen Axen, zu finden, mufs man die mittlere Geschwindigkeit des Lichtes im Gypse, d. i. seine mittlere Elasticitätsaxe kennen. Wir besitzen mehrere Angaben über den Brechungscoëfficienten des Gypses, und bei der Kleinheit des Bogens Mm und Rr könnte man irgend eine derselben anwenden, ohne dadurch irgend einen bedeutenden Fehler zu veranlassen. Ich habe es aber vorgezogen diese Gröfse direct zu bestimmen. Ich habe die Neigung der scheinbaren optischen Axen an einer anderen Platte gemessen, die so geschnitten war, dafs diese Neigung durch die Brechung der Strahlen vielmehr vergröfsert wurde. Die Platte war ungefähr senkrecht gegen die Mittellinie der optischen Axen. Fig. 3 Taf. II erläutert die Messungen. Die scheinbaren Axen sind durch den Mittelpunkt einer Kugel gelegt, und schneiden dieselbe in R und M; in N wird sie geschnitten von der Normale der Ebene, durch welche ich die Axen beobachtete. Ich mafs:

NM bei	16,55 R.	52° 16'	RN bei	16,58 R.	42°	7'
	27 -	52 30		16,35	42	13
	20 -	52 33		16,10	42	16,6
				16,00	42	20
			Also bei	16,2	42°	14

Ich fand den auf NM senkrechten Bogen $Rr = 1^\circ$, und Mm, senkrecht auf RN, $1^\circ\ 22'$; diefs giebt für den $\angle MNR$ zwei um 14' verschiedene Werthe, von denen ich das Mittel nahm. Die Neigung der wahren Axen $R'M'$ mufs hier dieselbe seyn wie beim ersten Krystall, in Fig. 1 Taf. II der Bogen $r'm'$. Hieraus kann man das Verhältnifs $\frac{\sin NM'}{\sin NM} = \frac{\sin NR'}{\sin NR}$, welches gleich ist in Fig. 1

Taf. II dem Verhältnifs $\frac{\sin Mm'}{\sin Mm}=\frac{\sin Rr'}{\sin Rr}$, finden. Ich fand auf diese Weise als mittlere Geschwindigkeit des Lichtes im Gypse 0,6568, welches den Brechungscoëfficient 1,5224 giebt, der nahe mit der Angabe von Wollaston, 1,525, übereinstimmt. Die Neigung der wahren Axen $M'R'$ in Fig. 3 Taf. II, oder mr' in Fig. 1 Taf. II ergiebt sich hieraus

bei 16,2 R.$=57^\circ$ 37'.

Einen Fehler von 10' in dieser Bestimmung halte ich kaum für möglich, und ein solcher Fehler würde in der dritten Stelle des Brechungscoëfficienten einige Einheiten betragen; die Angabe von Brewster, 1,536, würde einen Fehler von 40' voraussetzen, und die von Newton, 1,488, einen Fehler von $1\frac{1}{3}$ Grad.

An dem ersten Krystall, Fig. 1 Taf. II, wurden nun bei einer niedrigeren Temperatur folgende Messungen angestellt:

mR	bei 7,5 R.	60°	30'
Mr	- 7,45 -	58	55
RM		54	33
ϱr		3	23
$m\mu$		4	25

Hieraus ergiebt sich für die Neigung der wahren optischen Axen:

bei 7,5 R.$=61^\circ$ 24'.

Die Neigung hat bei einer Temperaturdifferenz von 8,7 R. sich also um 3° 47' verändert. Berechnet man aber, um wie viel sich jede der Axen verrückt habe, so findet man für r' : 1° 32', und für m' : 2° 15'; r' war die *rothe* Axe, m' die *matte*. Der Unterschied in der Bewegung der beiden Axen ist also bei dieser geringen Temperaturdifferenz schon sehr entschieden. *Die gröfsten und kleinsten Elasticitätsaxen haben ihre Richtung bei einer Temperaturdifferenz von 8,7 R. um 22' verändert.*

Die Messungen bei 7,5 R. und 16,2 R. hatte ich an-

Digitized by Google

gestellt, um andere Messungen bei der gewöhnlichen Temperatur auf einander reduciren zu können. Um die Richtungen der optischen Axen in Beziehung auf die krystallinische Structur zu bestimmen, schnitt ich an einem kleinen Gypskrystall der hiesigen Universitätssammlung (das Material zu den übrigen Untersuchungen verdanke ich der Güte des Hrn. Prof. Weifs), an welchem die von Haüy mit n bezeichneten Flächen schön spiegelnd waren, zwei Flächen, welche die stumpfe Kante der Flächen f ungefähr gerade abstumpften. Ein solcher Schnitt zeigt die *matte* Axe. In Fig. 4 Taf. II sind n, n' die Durchschnitte der Normalen der Flächen n und n mit einer Kugelfläche, N ist der Durchschnitt der Normale der geschliffenen Fläche, durch welche ich die Axe beobachtete; die scheinbare Axe schneidet die Kugel in M, die wahre in m, so dafs ma senkrecht auf nn' steht, und nn' in a halbirt wird. Ich fand $nN = 112^\circ\ 13$, $n'N = 111^\circ\ 49{,}7$. Ich mafs

MN bei	7,05 R.	: 9° 59′	und bei	15,39 R.	: 13° 20′,6
-	7,21 -	: 10 4,3	-	- 15,7 -	: 13° 31,3
-	7,02 -	: 9 59,3			
-	7,43 -	10 9,5.			

so dafs also zu setzen ist bei 7,5 R. $MN = 10^\circ\ 11'$ und bei 16,2 $MN = 13^\circ\ 43{,}5$. Hieraus erhält man bei 7,5 : $am = 107^\circ$ und bei 16,2 : $am = 104^\circ\ 42'$, so dafs die Bewegung der matten Axe innerhalb dieses Temperaturintervalls $2^\circ\ 18'$ beträgt, was mit der vorigen Bestimmung, $2^\circ\ 15'$, recht gut übereinstimmt.

Nach diesen Bestimmungen läfst sich die Lage der beiden optischen Axen in Beziehung auf die krystallinischen Richtungen fixiren. Nach Fig. 5 Taf. II würde ich mich kurz ausdrücken können. $PP'QQ'$ stellt ein natürliches Bruchstück des Gypses vor, PP' den fasrigen Querbruch, PQ den muschligen. Die Kante, in welcher sich die beiden Flächen n und n schneiden, ist parallel mit PP'. Durch C habe ich die Linie pp' pa-

Digitized by Google

rallel mit PP' gezogen, durch denselben Punkt die *matte* Axe Cm und die *rothe* Axe Cr gelegt, und die ihre Neigung halbirende Elasticitätsaxe CE. Es ist

bei	7,5 R.	und bei 16,2 R.
pCE	13° 42′	14° 6′
pCm	17 0	14 42
pCr	44 24	42 55
mCr	61 24	57° 37

Obgleich das Factum, dafs bei einer Temperaturveränderung nicht allein die optischen Axen sich bewegen, sondern dafs zugleich die Elasticitätsaxen ihre Richtung verändern, durch die vorstehenden Beobachtungen, wenngleich nur in einem engen Temperaturintervall angestellt, aufser allen Zweifel gesetzt ist, so wollte ich diese merkwürdige Thatsache doch in höheren Temperaturen verfolgen — auch interessirte es mich, die Richtung kennen zu lernen, in welcher beide Axen zusammen gehen. Ich schnitt eine neue Gypsplatte, so dafs ich beide Axen durch dieselbe Ebene sehen konnte, ähnlich der in Fig. 3 Taf. II. Meine Messungen Fig. 3, reducirt auf:

15,3 R. :	NR	40° 42′
	NM	56 11
	RM	96 8

Hieraus ergiebt sich für die Neigung der wahren optischen Axen bei 15,3 R. : $R'M' = 58° 3'$; die vorhergehenden Messungen geben bei dieser Temperatur 58° 1′. Den Krystall hatte ich an einem kleinen Goniometer befestigt, dessen Scheibe ich nun horizontal legte, so dafs der Krystall sich unterhalb der Scheibe befand. Ich setzte ein Gefäfs mit Rüböl unter das Goniometer, in welches der Krystall hineinragte. Das Gefäfs hatte zwei Oeffnungen, die mit Glasscheiben verschlossen waren, so dafs ich mittelst des durch die Linse in das Gefäfs auf den Krystall geworfene Licht und mit Hülfe des Fernrohrs die Farbenringe noch beobachten konnte. Ich mafs

die Neigung der scheinbaren optischen Axen in Rüböl, und fand sie, reducirt auf:

15,3 R. : 60° 19′.

Diese Messung habe ich benutzt, um den Brechungscoëfficienten meines Rüböls zu bestimmen, da ich nicht gewiſs war, ob in dieser Hinsicht nicht merkliche Verschiedenheiten unter den verschiedenen Sorten Rüböl stattfinden. In Fig. 3 Taf. II sollen R'', M'' die scheinbaren Axen des Gypses im Rüböl vorstellen. Es wurde aber nicht der Bogen $M''R''$ gemessen, sondern da der Krystall so am Goniometer befestigt war, daſs die Ebene des Bogens RM mit der Scheibe parallel war, wurde die Projection von $R''M''$ auf RM, d. i. $r''m''$, gemessen. Die Projection von $R'M'$ auf RM ist $r'm'$. Der Unterschied von $r'm'$ und $r''m''$ ist Folge der Brechung aus Gyps in Rüböl; dieser Unterschied beträgt 2° 10′. Ich bezeichne das Verhältniſs des Brechungscoëfficienten des Gypses und des Rüböls mit $1+x$, wo von x nur die erste Potenz zu berücksichtigen ist. Setzt man $\angle RMN=\alpha$, $\angle MRN=\beta$, $NM'=a$, $NR'=b$, so kann man setzen:

$$x=\frac{2^\circ\,10'}{\cos\alpha\,tg\,a+\cos\beta\,tg\,b}=0{,}0346.$$

Dividirt man mit $1+x$ in 1,5224, als den vorher gefundenen Brechungscoëfficienten des Gypses, so findet man den Brechungscoëfficienten des Rüböls $=1{,}472$, genau wie Brewster ihn gefunden hat. — Man wird häufig Ursach haben diese Methode umzukehren, indem man eine Flüssigkeit von bekannten Brechungscoëfficienten des Krystalls bestimmt. Bei den glimmerähnlichen Substanzen z. B. wird diese Methode unter den bekannten das genaueste Resultat geben.

Das Oel wurde nun durch eine unter das Gefäſs gestellte Lampe erwärmt, und ich beobachtete, um wie viel jede Axe von der Lage, die sie bei 15,3 R. gehabt hatte, sich entfernte; die Summen dieser beiden Verän-

derungen gaben die jedesmalige Abnahme der Neigung der scheinbaren Axen. Einige dieser Beobachtungen enthält folgende Tafel:

Temp.	Rothe Axe.	Matte Axe.
15°,3 R.	0	0
40,7	6° 2′	9° 6′
49,3	8 47	12 57
52,2	9 13	13 39

Die Angaben der Temperaturen haben wenig Zuverlässigkeit, es sind nur die Temperaturen des Oels; die correspondirenden Entfernungen der beiden Axen von ihren Lagen bei 15°,3 sind aber mit Sorgfalt bestimmt. — Der Mittelpunkt, in dem beide Axen zusammengingen, war entfernt:

von der *rothen* Axe 26° 7′
von der *matten* Axe 34 11.

Diefs sind die scheinbaren Bewegungen der Axen, die auf die wahren Bewegungen in dem Bogen $R'M'$ reducirt werden müssen. Ich habe angenommen, dafs die Curve $R''M''$, in welcher sich die scheinbaren Axen bewegen, ein gröfster Kreis sey, und die auf RM beobachteten Winkel auf $R''M''$ reducirt, nach folgender Formel:

$$\frac{\sin R''T''}{\sin T''M''} = \frac{\cos r''R''}{\cos m''M''} \cdot \frac{\sin r''t''}{\sin t''m''}.$$

Die scheinbaren Bewegungen in $R''M''$ wurden auf die wahren Bewegungen in $R'M'$ reducirt nach:

$$\frac{\sin R'T'}{\sin T'M'} = \frac{\sin R''T''}{\sin T''M''}.$$

Hiernach erhalte ich für die wahre Bewegung der Axen, bis zu dem Punkt wo sie zusammen gehen, für

die *rothe* Axe 25° 8′
die *matte* Axe 32 49.

Die *matte* Axe hat sich also um 7° 41′ mehr verändert als die *rothe*, und die Drehung der gröfsten und kleinsten Elasticitätsaxen um die mittlere beträgt 3° 50′. Bei

15°,3 ist die Linie 14° 4' gegen den fasrigen Bruch geneigt, die Linie, in welcher die Axen zusammengehen, hat also gegen diesen Bruch eine Neigung von 17° 54'.

Biot giebt in seinem *Traité de physique* die Neigung der Mittellinie gegen den fasrigen Bruch zwischen 16° und 17° an, was für gewöhnliche Temperatur etwa um 2° von meiner Bestimmung abweicht. Indefs hat die von ihm bestimmte Richtung *zunächst* eine andere physikalische Bedeutung; es ist nämlich diejenige Richtung, nach welcher ein senkrecht, durch ein natürliches Gypsblättchen gehender Lichtstrahl polarisirt seyn mufs, damit er ungetheilt hindurch gehe. — Es hat gerade beim Gyps seine Schwierigkeit, diese Richtung in Beziehung auf die krystallinische Structur zu fixiren. Das von mir angewandte Verfahren ist von dieser Schwierigkeit befreit. Bei den häufigen Zwillingsverwachsungen ist es leicht Zwillingslamellen zu erhalten, in welchen man die Gränze beider Individuen fast nur im polarisirten Lichte wahrnimmt. Fig. 6 Taf. II stellt eine solche Zwillingslamelle des Pariser Gypses vor. Das eine Individuum *MBF* hat seinen muschligen Bruch parallel mit *MB*, den fasrigen parallel mit *FB*, das andere Individuum hat den muschligen Bruch in *MB'*, den fasrigen *B'T*. Die Zwillingsgränze *MT* ist die gerade Abstumpfung der stumpfen Kante von den Flächen *l*, *l*. Die Richtung, in welcher das senkrecht durch die Lamelle hindurchgehende Licht polarisirt seyn mufs, damit es ungetheilt hindurchgehe, ist bei dem ersten Individuum *CE*, bei dem zweiten *CE'*. Ich habe den Winkel *ECE'* gemessen; wenn man von seiner Hälfte den Winkel *CFB*=61° 30' abzieht, erhält man die Neigung der *ligne intermédiaire* gegen den fasrigen Bruch *CDF*. — Ich habe sechs Bestimmungen gemacht, bei einer Temperatur, die etwa zwischen 17° bis 18° R. gewesen seyn mag, drei mit jeder Hälfte des Limbus; jede Bestimmung ist das Mittel aus fünf Beobachtungen. Ich fand für:

Digitized by Google

CDF	1) 14° 26′	4) 14° 20′
	2) 14 24	5) 14 17
	3) 14 22	6) 14 14.

Das Mittel ist also 14° 20′. Ich wage nicht zu entscheiden, ob die Richtung *CE* wirklich genau zusammenfällt mit derjenigen Linie, welche den Winkel der optischen Axen halbirt. Dafs übrigens der Winkel *ECE′* (also auch der Winkel *CDF*) sich mit der Erhöhung der Temperatur vergröfsert, davon habe ich mich aber überzeugt.

VI. *Ueber die isochromatischen Curven der einaxigen Krystalle;*
vom Dr. J. Müller in Darmstadt [1]).

Durch die Lehre von den Interferenzen polarisirter Strahlen ist es gelungen, die Entstehung der Farbenerscheinungen, welche doppeltbrechende Krystallblättchen im polarisirten Lichte zeigen, auf eine weit genügendere und zugleich weit einfachere Weise zu erklären, als es vorher durch die Lehre von der beweglichen Polarisation geschehen war. Ganz besonders aber möchte wohl Airy's Erklärung der Ringsysteme einaxiger Krystalle im Stande seyn, die Vorzüge der Undulationstheorie hervorzuheben.

Nicht allein in ihren einzelnen Farbenerscheinungen, sondern in ihrem ganzen Zusammenhange erklärte er jene Ringsysteme. Mittelst seiner auf die Fresnel'sche Theorie gestützten Rechnungen construirte er gleichsam nicht allein die Ringsysteme in gewönlichen einaxigen Krystallen, sondern auch, mit Hülfe einiger Hypothesen über die elliptischen Vibrationen im Bergkrystall, die merkwürdigen Erscheinungen der Circularpolarisation, welche an diesem Mineral beobachtet werden. Die Uebereinstim-

1) Vorliegende Abhandlung bildet eine Fortsetzung von der in dies. Ann. Bd. XXXIII S. 282, in deren Titel, beiläufig bemerkt, isochromatische Curven statt Farben gelesen werden mufs. P.

Digitized by Google

mung der Resultate seiner Rechnungen mit der Erfahrung ist wahrhaft überraschend. Airy's Abhandlung über diesen Gegenstand befindet sich in dem vierten Bande der *Transactions of the Cambridge Philosophical Society*, und ist im XXIII. Bande dieser Annal. übersetzt.

Die Ringe, welche man in einaxigen, senkrecht auf die Axe geschnittenen Krystallen sieht, nehmen bekanntlich um so mehr an Farbenglanz ab, je weiter sie von dem Mittelpunkte der Systeme entfernt sind, bis man endlich gar keine Farbenringe mehr unterscheiden kann, wie es auch bei den Newton'schen Farbenringen der Fall ist; sobald man aber statt des weifsen Lichtes homogenes anwendet, so sieht man eine ungeheure Menge von Ringen, die erst dann aufhören sichtbar zu seyn, wenn sie zu fein werden, um noch vom Auge bemerkt werden zu können. Wie hier das homogene Licht Ringe zum Vorschein bringt, von denen man vorher nichts bemerken konnte, so macht es auch in einaxigen Krystallplatten, deren Oberflächen eine andere Richtung gegen die optische Axe haben, ganze Curvensysteme sichtbar, von denen man im weifsen Lichte nicht die Spur wahrzunehmen vermag. In dem Folgenden will ich versuchen, die Entstehung der Curvensysteme, wie man sie in Krystallplatten beobachtet, deren Oberflächen einen Winkel von 45° mit der optischen Axe machen oder parallel mit ihr sind, nach dem Beispiele Airy's, aus den Grundsätzen der Vibrationstheorie zu erklären.

Airy hat in seiner eben erwähnten Abhandlung nachgewiesen, dafs wenn beim Austritt aus einer doppeltbrechenden Krystallplatte ein ordentlicher und ein aufserordentlicher Strahl zusammentreffen, die vor ihrem Eintritt in die Krystallplatte, und in einer und derselben Ebene polarisirt waren, und sie nach dem Austritt durch einen Polarisationsspiegel oder eine Turmalinplatte zerlegt werden, dafs alsdann die Intensität I des Strahls, welcher durch die Interferenz beider entsteht durch:

$$\frac{c^2}{2}\left[1+\cos 2(\alpha+\varphi)\cos 2\varphi+\cos\frac{2\pi}{\lambda}\Theta\sin 2(\alpha+\varphi)\sin 2\varphi)\right] \ldots (1)$$

ausgedrückt werden muſs. Es bezeichnet hier c^2 die Intensität der einfallenden Strahlen, φ den Winkel, welchen der durch die Richtung des einfallenden Strahls gelegte Hauptschnitt des Krystalls mit der Polarisationsebene der einfallenden Strahlen, und α den Winkel, welchen die Polarisationsebene der einfallenden Strahlen mit der des Zerlegungsspiegels oder des zerlegenden Turmalins macht; ferner bezeichnet λ die Länge einer Lichtwelle in der Luft, und Θ die Anzahl der Wellenlängen, um welche der eine der beiden beim Austritt zusammentreffenden Strahlen dem andern vorangeeilt ist.

Mittelst dieser Formel sind wir im Stande alle Ringerscheinungen herzuleiten, wenn wir nur für Θ den jedem Fall entsprechenden Werth setzen. Wenn die Krystallplatte senkrecht auf die Axe geschnitten ist, so ist φ eine veränderliche Gröſse, die von der Richtung des einfallenden Strahls abhängig ist, und alle Werthe zwischen 0° und 360° haben kann. In anderen Fällen ist dieſs, wie wir weiter unten sehen werden, nicht mehr der Fall, indem die Polarisationsebene der ordinären Strahlen sowohl als der extraordinären Strahlen einander entweder immer parallel bleiben, wie dieſs bei Platten der Fall ist, die parallel mit der Axe geschnitten sind, oder doch wenigstens so nahe parallel bleiben, daſs man sie ohne bedeutenden Fehler für parallel annehmen kann, wie dieſs bei Platten stattfindet, die in einem Winkel von 45° gegen die Axe geschnitten sind. Dadurch werden in diesen beiden Fällen die Rechnungen auſserordentlich vereinfacht, weil alsdann in dem Ausdruck bei (1) nur noch Θ veränderlich ist, welches, wenn man seinen Werth einer Constanten gleich setzt, unmittelbar die Gleichung der isochromatischen Curven giebt, wie es noch aus dem Folgenden deutlicher zu ersehen seyn wird.

Digitized by Google

Wir wollen jetzt zu der Betrachtung der einzelnen Fälle übergehen.

I. Isochromatische Curven in einaxigen Krystallen, welche unter einem Winkel von 45° gegen die Axe geschnitten sind.

Erscheinung. Wenn man eine einaxige, unter einem Winkel von 45° gegen die Axe geschnittene Krystallplatte zwischen zwei Turmalinplatten legt, deren Polarisationsebenen parallel oder gekreuzt sind, so dafs die Projection der optischen Axe auf eine der beiden Oberflächen des Krystalls einen Winkel von 45° mit den Polarisationsebenen der Turmaline macht, so gewahrt man, wenn man nach einem homogenen Lichte sieht, *helle und dunkle geradlinige Streifen, welche auf der Projection der optischen Axe rechtwinklig stehen*, wie es in Fig. 7 Taf. II dargestellt ist, wo ab die Projection der optischen Axe auf die Oberfläche des Krystalls vorstellt.

Erklärung dieser Erscheinung. Es sey $ABCD$, Fig. 8 Taf. II, die Krystallplatte, AB die eine, CD die andere der beiden Oberflächen, welche einen Winkel von 45° mit der optischen Axe der Platte machen. Zwei parallele, in einer Ebene polarisirte Strahlen ao be treffen die Platte so, dafs der durch die doppelte Brechung des Krystalls entstehende ordinäre Strahl oc mit dem extraordinären ec beim Austritt aus der Platte zusammentrifft; beide Strahlen treten nun zusammen nach der Richtung cd aus, und werden interferiren können, wenn sie durch einen Zerlegungsspiegel oder eine Turmalinplatte auf eine und dieselbe Polarisationsebene bezogen werden. Durch den Ausdruck bei (1) wird nun die Intensität des durch diese Interferenz entstehenden Strahles ausgedrückt. Um diese Intensität für unseren Fall zu bestimmen, haben wir nur noch, wie schon bemerkt wurde, den dem fraglichen Fall entsprechenden Werth von Θ zu substituiren.

Digitized by Google

Denken wir uns durch e eine Ebene senkrecht auf die Richtung der einfallenden Strahlen gelegt, so trifft diese Ebene den Strahl ao in einem Punkte h, welcher die Eigenschaft hat, dafs ein in demselben befindliches Aethermolecül immer in denselben Schwingungszuständen ist, wie ein in e befindliches, vorausgesetzt, dafs die Strahlen ao und be von einer gemeinschaftlichen Lichtquelle herkommen, und keiner derselben bis dahin eine Verzögerung erlitten hat. Von den Punkten e und h an hören beide Strahlen auf parallel zu seyn, und gelangen auf verschiedenen Wegen zum Punkte c. Es handelt sich nun darum, die Anzahl der Wellenlängen zu bestimmen, welche auf dem Wege hoc und dem Wege ec liegen, denn Θ ist nichts anderes als der Unterschied zwischen der Anzahl der Wellenlängen auf beiden Wegen. Der bequemeren Rechnung wegen wollen wir annehmen, ein Lichtstrahl käme von d nach c, werde durch den Krystall in die Strahlen co und ce gespalten, die nach oa und eb austreten. Da die Strahlen, welche, wie wir sie eben betrachteten, sich gerade nach der entgegengesetzten Richtung fortpflanzen, wie die, welche wir eigentlich betrachten sollen, und sonst sich in nichts von ihnen unterscheiden, so ist auch die Anzahl der Wellenlängen, welche wir auf diese Weise auf dem Wege coh und dem Wege ce liegend finden, welche wir zur Bestimmung von Θ brauchen.

Für die Fälle, welche Airy berechnete, bleibt der ordinäre und extraordinäre Strahl immer in der Einfallsebene, was hier nicht mehr der Fall ist. Die einfachen Rechnungen, welcher sich Airy zur Bestimmung der Richtung der gebrochenen Strahlen bediente, sind deshalb hier unzureichend; die Betrachtungen, die dort auf die Ebene beschränkt blieben, müssen bei unserem Fall auf den Raum übertragen werden. Der beste Weg, hier zum Ziele zu gelangen, möchte wohl der rein analytische seyn, den wir auch befolgen wollen.

Digitized by Google

Das Umdrehungsellipsoïd, dessen Gleichung

$$A^2 x^2 + B^2 y^2 + A^2 z^2 = A^2 B^2$$

ist, stellt nach Fresnel's Theorie die Wellenoberfläche für den extraordinären Strahl eines einaxigen Krystalls dar, dessen optische Axe mit der y zusammenfällt. (Diese Annal. Bd. XXIII S. 522). Vermittelst dieser Wellenoberfläche läſst sich nach der bekannten, schon von Huygens angegebenen Construction, die Richtung des extraordinären Strahls nach der Brechung für alle möglichen Lagen der brechenden Ebene und des einfallenden Strahls bestimmen. Für unseren Fall sey die Gleichung der brechenden Oberfläche, welche wir uns durch den Mittelpunkt des Ellipsoïds gehend denken müssen, und welche einen Winkel von 45° mit der Axe der y macht:

$$y = z.$$

Da es aber für die Rechnung vortheilhaft ist, wenn diese Ebene mit einer der Coordinatenebenen zusammenfällt, so wollen wir die Lage der Coordinaten so verändern, daſs die Gleichung dieser Ebene

$$z = 0$$

wird. Um dieſs zu bewerkstelligen braucht nur die Ebene der xy und die Ebene der xz, die Axe der x als Umdrehungsaxe betrachtet, von der Ebene der xy nach der der xz hin um 45° gedreht zu werden. Bezeichnet man die Coordinate irgend eines Punktes, bezogen auf das alte Coordinatensystem, mit x', y', z', die Coordinaten desselben Punktes aber, bezogen auf das neue Coordinatensystem, mit x, y, z, so ist:

$$x' = x$$

$$y' = (y - z)\sqrt{\tfrac{1}{2}}$$

$$z' = (y + z)\sqrt{\tfrac{1}{2}}.$$

Setzt man diese Werthe von x', y', z' statt x, y und z in die obige Gleichung der Wellenoberfläche, so erhält man die Gleichung derselben, bezogen auf das neue Coordinatensystem; sie ist:

Digitized by Google

$$A^2x^2+\tfrac{1}{2}(A^2+B^2)(y^2+z^2)+zy(A^2-B^2)=A^2B^2.$$

Die Gleichungen der Linie, mit welcher der einfallende Strahl zusammenfällt, seyen:

$$y = tang\, a\, x$$

$$z = \frac{cotang\, i}{cos\, a} x,$$

wo i der Winkel ist, den der einfallende Strahl dc mit der Axe der z, und a der Winkel ist, den die Projection dieser Linie auf die Ebene der xy mit der Axe der x macht.

Um nun die Richtung des Strahles nach der Brechung zu construiren, mufs man mit der Richtung des Strahls dc parallel in die Einfallsebene eine Linie lm so legen, dafs, wenn man von c ein Perpendikel auf dieselbe fällt, der Fufspunkt n desselben um die Länge einer Lichtwelle in der Luft von m entfernt ist. Wenn man nur homogenes Licht anwendet, so ist diese Lage eine constante Gröfse, die wir der Einfachheit der Rechnung wegen als Längeneinheit annehmen wollen, nm ist alsdann gleich 1, $cm = \frac{1}{sin\, i}$. Durch den Punkt m hat man nun ferner eine Linie zu legen, welche in die Ebene der xy fällt und senkrecht auf lm steht. Man findet leicht, dafs die Gleichungen dieser Linie

$$z = 0$$

$$y + cotang\, a \,.\, x = \frac{1}{sin\, i \,.\, sin\, a}$$

sind. Durch diese Linie ist eine Berührungsebene an das Ellipsoïd zu legen (Diese Annalen, Band XXIII S. 523). Der von dem Anfangspunkt der Coordinaten nach dem Berührungspunkt gezogene radius vector fällt der Richtung nach mit dem gebrochenen Strahl ce zusammen, und seine Länge ist der Wellenlänge eines in dieser Richtung durch den Krystall gehenden extraordinären Strahles gleich. Den Gang der Berechnung der Coordinaten $x_{,}$, $y_{,}$, $z_{,}$ des Berührungspunktes will ich hier

nicht weiter verfolgen, ich erlaube mir in dieser Hinsicht auf die ganz ähnlichen Rechnungen zu verweisen, welche ich in einer Dissertation über die isochromatischen Curven einaxiger Krystalle, welche parallel mit der Axe geschnitten sind, ausgeführt habe [1]). Ich begnüge mich, hier das Resultat der Rechnung zu geben; es ist nämlich:

$$\left.\begin{aligned} x_i &= B^2 \sin i \cos a \\ y_i &= \frac{A^2 B^2 \sin i \sin a - (A^2 - B^2) z_i}{A^2 + B^2} \\ z_i &= \frac{1}{2}\sqrt{\Big[2(A^2+B^2)} \\ &\qquad -B^2 \sin i^2 (A^2 \sin a^2 + 2(A^2+B^2)\cos a^2)\Big] \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

Die Gleichungen einer durch diesen Berührungspunkt und den Anfangspunkt der Coordinaten gehenden geraden Linie sind:

$$y = \frac{y_i}{x_i} x \;,\; z = \frac{z_i}{x_i} x.$$

Diese Linie trifft die Fläche CD, deren Gleichung $z = T$ ist, wenn T die Dicke der Platte bezeichnet, in einem Punkte e, dessen Coordinaten sind:

$$\left.\begin{aligned} z_e &= T \\ x_e &= \frac{T x_i}{z_i} \\ y_e &= \frac{T y_i}{z_i} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Bezeichnen wir die Entfernung dieses Punktes vom Anfangspunkt der Coordinaten mit D_e, so ist:

$$D_e^2 = x_e^2 + y_e^2 + z_e^2.$$

Bezeichnet ferner λ_e die Länge einer Lichtwelle eines von c nach e sich fortpflanzenden extraordinären Strahls, die dem eben erwähnten radius vector gleich ist, so ist:

1) Erklärung der isochromatischen Curven, welche einaxige, parallel mit der Axe geschnittene Krystalle im homogenen polarisirten Lichte zeigen; von Dr. Johann Müller. Darmstadt, bei C. W. Leske. (S. Annal. Bd. XXXIII S. 282. *P.*)

Digitized by Google

$$\lambda_o^2 = x_i^2 + y_i^2 + z_i^2.$$

Dividirt man D_e durch λ_e, so erhält man die Anzahl der Wellenlängen, welche auf dem Wege *ce* liegen. Substituirt man in den Ausdruck für $\frac{D_e}{\lambda_e}$, für z_e, x_e und y_e ihre Werthe aus (3), so erhält man:

$$\frac{D_e}{\lambda_o} = \frac{T}{z_i}.$$

Setzt man den obigen Werth von z_i in diese Gleichung, so übersieht man leicht, dafs, wenn man den ganzen Ausdruck nach steigenden Potenzen von *sin i* entwickelt, $\sin i^2$ die niedrigste Potenz dieser Gröfse seyn wird, die in dem Werthe von $\frac{D_e}{\lambda_e}$ vorkommt. Wie wir gleich sehen werden, kommen aber in dem Werthe von Θ, aufser $\frac{D_e}{\lambda_e}$, noch Theile vor, welche *sin i* nur in der ersten Potenz enthalten. Im Falle nun *i* klein bleibt, d. h. wenn man nur solche Strahlen betrachtet, die nicht sehr schief durch die Krystallplatte hindurchgegangen sind, kann man ohne bedeutenden Fehler schon die zweite Potenz von *sin i* gegen die erste vernachlässigen, und so erhält man auf diese Weise ganz einfach:

$$\frac{D_e}{\lambda_o} = \frac{2T}{\sqrt{2(A^2+B^2)}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Aus diesem Werthe kann leicht der Werth für die Anzahl der Wellenlängen, die auf dem Wege *co* des ordinären Strahls liegen, abgeleitet werden. Die Wellenoberfläche für den ordinären Strahl kann nämlich als ein Ellipsoïd betrachtet werden, in welchem die Axe *B* der Axe *A* gleich geworden ist, und man kann demnach alle für den extraordinären Strahl gemachten Schlüsse auf den ordinären übertragen, wenn man in den für den extraordinären Strahl entwickelten Formeln überall *A* statt *B* setzt. Man erhält auf diese Weise:

Digitized by Google

$$\frac{D_o}{\lambda_o} = \frac{T}{A} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (5)$$

Zur Bestimmung von Θ fehlt jetzt nur noch ein Ausdruck für die Anzahl der Wellenlängen, welche zwischen dem Punkte h und dem Punkte o liegen. Bezeichnet man wie bisher mit x_e, y_e, z_e die Coordinaten des Punktes e, und mit x_o, y_o, z_o die des Punktes o, so findet man leicht, mit Hülfe der Grundformeln der analytischen Geometrie, daſs, wenn P diese Entfernung bezeichnet:

$$P = [(x_o - x_e) \cos a + (y_o - y_e) \sin a] \sin i$$

ist. Die Werthe von x_o und y_o erhält man aus den Werthen von x_e und y_e, wenn man in diesen überall A statt B setzt. Da der ganze Ausdruck für P mit $\sin i$ multiplicirt ist, und man alle höheren Potenzen dieser Gröſse vernachlässigt, so kann man bei der Substitution der Werthe von x_e, y_e, x_o und y_o alles weglassen was auſserdem noch mit $\sin i$ multiplicirt ist. Man erhält auf diese Weise:

$$P = \frac{T(A^2 - B^2)}{A^2 + B^2} \sin a \sin i.$$

P aber ist zugleich die Anzahl der Lichtwellen, welche zwischen h und o liegen, wenn man die Länge einer Lichtwelle in der Luft als Längeneinheit betrachtet; es ist alsdann endlich:

$$\left.\begin{aligned} \Theta &= P + \frac{D_o}{\lambda_o} - \frac{D_e}{\lambda_e} \\ &= T\left[\frac{A^2 - B^2}{A^2 + B^2} \sin a \sin i + \frac{2}{\sqrt{2(A^2 + B^2)}} - \frac{1}{A}\right] \end{aligned}\right\} (6)$$

Diesen Werth nun haben wir in den Ausdruck bei (1) statt Θ zu setzen. So lange der Winkel i klein genug bleibt, ändert sich die Lage der Polarisationsebenen der durchgehenden Strahlen äuſserst wenig, was auch sonst die Richtung der einfallenden Strahlen seyn mag, wir können deshalb φ in dem Ausdruck bei (1), ohne einen merklichen Fehler zu begehen, constant setzen.

Digitized by Google

Sind die beiden Turmalinplatten gekreuzt, d. h. machen die Polarisationsebenen der beiden Turmaline rechte Winkel mit einander, so ist $\alpha = 90^{\circ}$ zu setzen; fällt nun zugleich die optische Axe des Krystalls mit einer dieser Polarisationsebenen zusammen, ist also $\varphi = 0$ oder 90°, so ist die Intensität für alle durchgehenden Strahlen Null, was auch i und a, oder deren Function Θ für Werthe haben mögen, wie auch der Ausdruck bei (1) zeigt; das ganze Gesichtsfeld erscheint also in diesem Fall dunkel. Die Intensität des durchgegangenen Lichtes ist aber der des einfallenden gleich (wobei freilich auf den Lichtverlust nicht Rücksicht genommen ist, der in der unvollkommenen Durchsichtigkeit der Turmaline und des Krystalls, und in der theilweisen Reflexion an den Oberflächen derselben seine Ursache hat), wenn die Polarisationsebenen der beiden Turmaline parallel sind, und die Axe des Krystalls in diese Polarisationsebene oder in eine darauf senkrecht stehende fällt, wie auch der Ausdruck bei (1) bestätigt, der in diesem Fall, für welchen $\alpha = 0$, $\varphi = 0$ oder 90° ist, sich auf c^2 reducirt, was auch Θ für einen Werth haben mag.

Gehen wir nun zu der Betrachtung desjenigen Falles über, in welchem isochromatische Curven sichtbar sind, nämlich zu dem Fall, dafs eine durch die optische Axe gelegte Ebene, welche senkrecht auf den Oberflächen des Krystalls steht, mit der Polarisationsebene der einfallenden Strahlen einen Winkel von 45° macht, dafs also $\varphi = 45^{\circ}$ ist. Setzen wir $\alpha = 0$, betrachten wir also den Krystall zwischen Turmalinen, deren Polarisationsebenen parallel sind, und $\varphi = 45^{\circ}$, so reducirt sich der Ausdruck bei (1) auf:

$$I = \frac{c^2}{2}[1 + \cos 2\pi\Theta] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

wenn λ gleich 1 gesetzt wird, was geschehen mufs, da wir ja die Länge einer Lichtwelle in der Luft als Maafseinheit angenommen haben.

Digitized by Google

Wir sehen aus diesem Werth von I, dafs die Intensität der in's Auge treffenden Strahlen blos von Θ abhängt, welches wieder von der Gröfse der Winkel i und a abhängig ist, welche die Richtung der eintretenden und austretenden Strahlen bestimmen. Daraus geht offenbar hervor, dafs die in verschiedenen Richtungen in's Auge gelangenden Strahlen verschiedene Intensität haben werden, kurz dafs man helle und dunkle Curven sehen wird, wenn man homogenes Licht anwendet, für welches allein die obigen Rechnungen gelten, da wir ja die Länge einer Lichtwelle in der Luft als eine unveränderliche Gröfse betrachtet haben.

Versuchen wir nun die Form der isochromatischen Curven näher zu bestimmen. Setzen wir den Werth von Θ einer Constanten gleich, so erhalten wir eine Gleichung zwischen den beiden Veränderlichen i und a, und es ist klar, dafs alle zu einander gehörigen Werthe von i und a, welche dieser Gleichung Genüge leisten, die Lage solcher Strahlen bestimmen, welche gleiche Intensität haben, und also dem Auge den Anblick einer isochromatischen Curve gewähren, die wir uns auf die Oberfläche des Krystalls projicirt denken wollen. Es sey die Ebene der Fig. 7 Taf. II die Oberfläche des Krystalls, c der Fufspunkt eines Perpendikels, welches vom betrachtenden Auge auf diese Fläche gefällt ist; ab die Projection der optischen Axe des Krystalls auf dieselbe, so ist ed diejenige Linie, welche wir bisher für die Axe der x nahmen. Zieht man nun von irgend einem Punkte g eine gerade Linie nach c, so ist der Winkel gcd derjenige, den wir bisher mit a bezeichneten, wenn gc die Projection des einfallenden Strahls auf die Oberfläche des Krystalls ist; die Länge der Linie cg selbst ist der Tangente des Winkels i, oder auch, da dieser Winkel ja immer klein bleibt, seinem Sinus proportional. Betrachten wir demnach gc oder $\sin i$ als einen radius vector, der mit der Axe cb einen Winkel a macht, so ist die

Gleichung (6) die Polargleichung einer isochromatischen Curve. Kürze halber wollen wir die Gleichung bei (6)

$$Const = M \sin i \sin a - N,$$

oder noch einfacher:

$$R = \sin i \sin a \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (8)$$

schreiben. Man wird leicht sehen was für ein Werth hier eigentlich für R zu setzen ist. *Die Gleichung bei* (7) *ist offenbar die Polargleichung einer geraden Linie, welche auf ab, also auf der Projection der optischen Axe auf die Oberfläche des Krystalls senkrecht steht.* Somit wäre die obige Aussage über die Gestalt der isochromatischen Curven in einaxigen Krystallen, die in einem Winkel von 45° gegen die Axe geschnitten sind, gerechtfertigt. Gehen wir nun zur Untersuchung der Breite der einzelnen Streifen über.

Wenn Θ einem ungeraden Vielfachen von $\frac{1}{2}$ gleich ist, so wird der ganze Werth von I in Gleichung (7) zu Null, setzen wir also in Gleichung (6) $\Theta=(2n-1)\frac{1}{2}$, wo n jede ganze Zahl vorstellen kann, so ist diese Gleichung die Gleichung einer dunkeln Curve. Setzen wir für i und a solche Werthe, dafs sie einer dunkeln Curve entsprechen; setzen wir auch a constant, und lassen i allmälig wachsen, so wird I auch zunehmen, und erreicht sein Maximum, sobald i um so viel gewachsen ist, dafs dadurch Θ um $\frac{1}{2}$ zugenommen hat; nun nimmt die Intensität I wieder ab, je mehr i zunimmt, bis Θ abermals um $\frac{1}{2}$ gewachsen ist, und dadurch die Intensität ihr Minimum wieder erreicht hat. Ist $a=90°$ also $\sin a=1$, so ist die Gröfse, um welche man i mufs wachsen lassen, damit Θ um 1 wächst, der Sehwinkel, in welchem die Breite der Streifen gesehen wird. Da i klein ist, so kann man ohne bedeutenden Fehler annehmen, dafs wenn der Winkel i um w gewachsen ist, $\sin i$ um $\sin w$ wächst. Soll nun bei einer Zunahme w des Winkels i, Θ um 1 wachsen, so mufs

$$T\frac{A^2-B^2}{A^2+B^2}\sin w=1$$

seyn; daraus ergiebt sich:

$$w=arc\left(sin=\frac{A^2+B^2}{T(A^2-B^2)}\right) \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

woraus dann folgt, dafs die Breite der Streifen, auf die Oberfläche des Krystalls projicirt, gleich bleibt. Suchen wir nun die Gröfse von w für verschiedene Mineralien zu bestimmen.

Für Kalkspath sowohl wie für alle andere negative Krystalle ist $B>A$; für Kalkspath ist A ungefähr 0,6 und B ungefähr 0,67 [1]. Setzen wir diese Werthe in die Gleichung bei (9), so erhalten wir $w=arc\left(sin=\frac{9,09}{T}\right)$. Da bisher die Länge einer Lichtwelle als Einheit angenommen wurde, so mufs auch nun die Dicke der Platte in dieser Einheit ausgedrückt werden. Auf einen Zoll gehen ungefähr 45000 Wellenlängen der mittleren gelben Strahlen, auf $\frac{1}{10}$ Linie gehen deren also 450; will man nun die Breite der Streifen in einem $\frac{1}{10}$ Linie dicken Kalkspathblättchen bestimmen, so hat man für T 450 zu substituiren. Man findet auf diese Weise für ein solches Plättchen $w=arc(sin=0,0202)$, also $w=1^\circ\ 8'$. Aus der Gleichung bei (9) folgt, dafs die Breite der

1) In meiner schon oben erwähnten Abhandlung über die isochromatischen Curven in Krystallen, die parallel mit der Axe geschnitten sind, hat sich ein fataler Irrthum eingeschlichen. Seite 19 derselben ist nämlich gesagt, in negativen Krystallen sey $B<A$, für positive umgekehrt. Diese Aussagen sind so zu berichtigen, wie es oben geschehen ist. Dafs dem so sey, ist leicht nachzuweisen; A ist die Elasticitätsaxe, welche senkrecht auf der optischen Axe steht, mithin ist A diejenige Elasticität, welche die ordinären Strahlen fortpflanzt, da diese aber bei negativen Krystallen stärker gebrochen werden als die extraordinären, so mufs nothwendig die Elasticitätsaxe A kleiner seyn als die Elasticitätsaxe B. Eine Folge dieses Irrthums ist, dafs alles, was von der Form der Curven in negativen Krystallen gilt, dort von den positiven behauptet wird, und umgekehrt. (In den Annalen (Bd. XXXIII S. 282) ist dieser Irrthum bereits berichtigt. *P.*)

Streifen der Dicke der Platten, unter sonst gleichen Umständen, umgekehrt proportional ist; in einem $\frac{2}{10}$ Linie dicken Kalkspathplättchen werden also die Streifen in einem Sehwinkel von 34 Minuten, und in einem $\frac{3}{10}$ Lin. dicken in einem Sehwinkel von 23 Minuten erscheinen, wie es auch durch die Erfahrung bestätigt wird. Wenn die Platten noch dicker sind, so werden die Streifen bald zu fein, um noch gesehen werden zu können.

Es ist wohl höchst schwierig, ja man kann behaupten fast unmöglich, ein Kalkspathplättchen genau in einem Winkel von 45° gegen die Axe dünn genug zu schleifen, um die Streifen sehen zu können, da aber die natürlichen Oberflächen der Kalkspathrhomboëder beinahe diese Neigung gegen die optische Axe haben, so kann man sehr gut sich sehr dünner, von Rhomboëdern abgespaltener Blättchen zur Anstellung dieser Versuche bedienen.

Ganz vorzüglich eignet sich Quarz für diese Versuche, da er sich weit leichter schleifen und poliren läfst als Kalkspath, und weil, wegen seiner bedeutend schwächeren doppelten Brechung, bei einer namhaften Dicke die Streifen noch hinlänglich breit sind, um deutlich gesehen zu werden. Für Bergkrystall ist $A = 0{,}649$, $B = 0{,}645$, wonach man mittelst der Gleichung bei (9) leicht findet, dafs für eine 1 Linie dicke Platte der Sehwinkel, in welchem die Breite der Streifen gesehen wird, ungefähr 2° 3′ beträgt.

Bisher haben wir blofs den absoluten Werth von w in der Gleichung bei (9) betrachtet, ohne Rücksicht auf sein Zeichen zu nehmen, was auch für die Ermittlung der Breite der Streifen nicht nöthig war. Für positive Krystalle, für welche $B < A$ ist, wird der Werth von w positiv, i mufs also wirklich zunehmen, wenn Θ gröfser werden soll, oder mit anderen Worten, je schräger die Strahlen durch den Krystall hindurchgehen, desto bedeutender wird das Voraneilen des einen Strahls vor

Digitized by Google

dem andern. Bei negativen Krystallen ist es gerade umgekehrt, da für sie $B > A$, so wird der Werth von w negativ, je mehr also i zunimmt, desto mehr nimmt Θ ab, der Unterschied im Gang der ordinären und extraordinären Strahlen ist also bei senkrechtem Durchgang durch die Platte am bedeutendsten, und nimmt um so mehr ab, je schräger die Strahlen durchgehen.

Setzt man in Gleichung bei (6) $i=0$, so wird für eine $\frac{1}{10}$ Linie dicke Kalkspathplatte Θ ungefähr gleich 27, d. h. wenn die beiden interferirenden Strahlen senkrecht auf die Platte ein- und austreten, so ist der eine von beiden ungefähr um 27 Wellenlängen dem andern vorausgeeilt. Aus der Erklärung der Newton'schen Farbenringe durch die Interferenzen ist aber bekannt, dafs im weifsen Lichte keine farbigen Ringe mehr sichtbar sind, wenn der Unterschied im Gang der interferirenden Strahlen so bedeutend wird, wie es hier der Fall ist, folglich kann man hier durchaus keine Streifen unterscheiden, wenn man nicht homogenes Licht anwendet. Das homogene Licht, dessen ich mich bei allen diesen Versuchen bediente, war das der Weingeistflamme.

II. Isochromatische Curven in einaxigen Krystallen, welche parallel mit der Axe geschnitten sind.

Legt man eine einaxige Krystallplatte, welche parallel mit der optischen Axe geschnitten ist, zwischen gekreuzte Turmalinplatten, so dafs die optische Axe des Krystalls einen Winkel von 45° mit der Polarisationsebene einer jeden der beiden Turmalinplatten macht, so beobachtet man, wenn man nach einer Weingeistflamme sieht, *hyperbolische Curven*, wie sie Fig. 9 Taf. II abgebildet sind. Der Asymptotenwinkel *lcm*, welchen die optische Axe *rs* halbirt, ist kein rechter, sondern er weicht um so viel mehr von einem rechten Winkel ab, je stärker die doppelte Brechung des angewandten Krystalls ist. Bei negativen Krystallen ist dieser Winkel kleiner

als 90°, für Kalkspath z. B. ist er 86°, bei positiven Krystallen ist er gröfser als 90°, für Quarz z. B. 90° 4' Ich bemerkte diese Abweichung erst nachdem ich sie in den Rechnungen gefunden hatte.

Beim Bergkrystall ist die doppelte Brechung so schwach, dafs bei sehr dicken Platten die hyperbolischen Curven noch so grofs sind, dafs man das ganze System gar nicht übersehen kann. Deshalb eignen sich zur Anstellung dieses Versuchs Bergkrystallplatten sehr wenig, und man mufs zu Kalkspath seine Zuflucht nehmen, bei welchem auch die Abweichung des Asymptotenwinkels bedeutender ist als bei irgend einem andern einaxigen Krystall, den man etwa noch zu diesem Zwecke gebrauchen könnte. Beim Schleifen und Poliren des Kalkspaths, welches ohnehin grofse Schwierigkeiten darbietet, mufs man noch ganz besonders darauf sehen, dafs die Oberflächen möglichst genau einander parallel sind, indem eine ganz geringe Abweichung vom Parallelismus schon eine Divergenz der ordinären und extraordinären Strahlen nach dem Austritt aus dem Krystall hervorbringt, welche alles Interferiren dieser Strahlen unmöglich macht. Kalkspath, der in sechsseitigen Säulen krystallisirt ist, findet sich selten rein genug, um für diesen Versuch angewandt werden zu können.

Die Erklärung dieser Erscheinung bildet den Gegenstand meiner schon erwähnten Abhandlung, weshalb ich hier nicht weiter darauf eingehe.

(Schlufs im nächsten Heft.)

VII. *Ueber den freien Durchgang der strahlenden Wärme durch verschiedene starre und flüssige Körper; von Hrn. Melloni.*

(*Ann. de chim. et de phys. T. LIII p.* 5) [1]).

Mariotte ist meines Wissens der Physiker, welcher die Eigenschaft durchsichtiger Körper, Wärmestrahlen irdischer Abkunft entweder durchzulassen oder aufzufangen, zuerst versucht hat näher kennen zu lernen. Nachdem er beobachtet, dafs die im Brennpunkt eines Metallspiegels concentrirte Sonnenwärme nicht merklich an Intensität verliert, wenn sie durch eine Glasscheibe geht, stellte er seinen Apparat vor dem Feuer eines Kamines auf, und fand, dafs, in einem Abstande von fünf bis sechs Fufs, das zum Brennpunkt des Spiegels reflectirte Bild eine für die Hand unerträgliche Temperatur besafs, sobald die Strahlen sich daselbst ungehindert vereinigten, dafs sie dagegen nach Dazwischenstellung einer Glasplatte keine Wärmeempfindung mehr hervorbrachten, wiewohl das Bild noch seine ganze Helligkeit besafs. Er schlofs daraus, dafs die Wärme von irdischem Feuer *gar nicht oder vielmehr sehr wenig das Glas durchdringe* [2]).

Hundert Jahre nach Mariotte wiederholte Scheele denselben Versuch; allein er war nicht so zurückhaltend wie jener sinnreiche Physiker, denn er versichert, dafs man, nach Dazwischensetzung eines Glases, *nicht die mindeste*

1) Vorläufige Nachrichten von den interessanten Untersuchungen des Hrn. Melloni wurden bereits in diesen Ann. Bd. XXVIII S. 240, 638 und 643 mitgetheilt. P.

2) Mariotte, *Traité de la Nature des couleurs; Paris* 1686, zweiter Theil, am Ende der Einleitung.

Digitized by Google

deste Wärme im Brennpunkt des Spiegels empfinde [1]). Die Unrichtigkeit dieser Behauptung ward bald von Pictet nachgewiesen, mittelst des unter dem Namen der *conjugirten Spiegel* bekannten Apparats. Er brachte eine recht durchsichtige Fensterscheibe zwischen die durch den Apparat gesammelte Wärme einer Lichtflamme und ein Thermometer, und sah das letztere in einigen Augenblikken um mehre Grade steigen. Eben so beobachtete er eine merkliche Temperatur-Erhöhung, als er statt der Lichtflamme eine mit heifsem Wasser gefüllte Retorte anwandte [2]).

Einige Jahre später unternahm Herschel über denselben Gegenstand eine sehr ausgedehnte Reihe von Versuchen, die in den *Philosophical Transactions* für 1800 beschrieben ist. Der Verfasser bedient sich keines Kunstgriffs zur Verstärkung der Wirkung der Wärmestrahlen, sondern begnügt sich, diese Wirkung durch ein in sehr kleiner Entfernung von dem durchsichtigen Körper aufgestelltes Thermometer unmittelbar zu messen.

Allein man hat Zweifel gegen die Folgerungen aus diesen Resultaten erhoben. Man hat eingewandt, dafs ein Theil der strahlenden Wärme erstlich an der Vorderfläche des Glases aufgefangen werde, dafs sie sich daselbst allmälig anhäufe und darauf von Schicht zu Schicht bis zur Hinterfläche fortpflanze, von wo sie wieder anfange auf das Thermometer zu strahlen. Man hat sogar behauptet, die Wirkung rühre fast gänzlich von dieser Fortpflanzungsweise her; ja man ist so weit gegangen, den freien Durchgang der Wärme irdischer Körper durch andere durchsichtige Körper als die atmosphärische Luft gänzlich zu läugnen.

Diese Meinung ist indefs falsch; Hr. P. Prévost

1) Scheele, *Traité de l'air et du feu; Paris* 1781, §. 56. (Scheele's Werke, Bd. I S. 124. *P.*)

2) Pictet, *Essai sur le feu*, §. 52 ff.

Digitized by Google

hat diefs durch ein sehr sinnreiches Mittel bewiesen. Er befestigte an dem Rohr eines Springbrunnens einen Ansatz von zwei parallelen Lamellen, so dafs er eine Wasserschicht von ungefähr der Dicke einer Viertellinie erhielt, stellte an der einen Seite ein Luftthermometer, und an der andern eine brennende Kerze oder ein heifses Eisen auf. Fast immer sah er dann das Thermometer um einige Bruchtheile eines Grades steigen [1]). Es ist aber klar, dafs hier die *successive Fortpflanzung* durch die unaufhörlich erneuten Schichten des Schirms nichts bewirken konnte. Man ist also zu der Annahme gezwungen, dafs die Wärmestrahlen zuweilen auch andere durchsichtige Mittel als die atmosphärische Luft auf unmittelbare Weise, nach Art der Lichtstrahlen, durchdringen.

Indefs liefs sich das Verfahren des Hrn. Prévost kaum auf starre Körper anwenden, und es war also unmöglich zu entscheiden, ob die Wärme durch Glasschirme unmittelbar durchgelassen werde oder nicht. Diese letzte Aufgabe ward von Delaroche vollständig gelöst, mittelst einer von Maycock erfundenen Methode [2]). Sie besteht darin, dafs man zunächst das Thermometer wie in den vorhergehenden Fällen beobachtet, d. h. wenn die Wärmestrahlen nach ihrem Durchgang durch eine Glasscheibe auf dasselbe fallen. Man mifst dadurch eine zusammengesetzte Wirkung, erzeugt von dem unmittelbaren Durchgang und von der Leitungsfähigkeit der Schichten, welche letztere wir successive Fortpflanzung genannt haben. Man braucht dann nur die eine zu kennen, um die andere daraus herzuleiten. Den Einflufs der Leitungsfähigkeit bestimmt man aber leicht, wenn man die Glasscheibe auf Seite der Wärmequelle mit Tusche schwärzt und dann

1) *Journ. de Physique etc. par Delametherie, Anneé* 1811 — P. Prévost, *Mémoire sur la transmission du calorique à travers l'eau et d'autres substances*, §. 42 *et* 43.

2) Nicholson's Journal, Vol. 26, Mai et Juni 1810. J. D. Maycock, *Remarks on profess.* Leslie's *Doctrine of radiant heat.*

den Versuch wiederholt. Klar ist, daſs nun die unmittelbare Strahlung aufgehoben ist, und die Temperaturerhöhung jenseits der Glasscheibe nur von der aus der Leitungsfähigkeit der Schichten entsprungenen Wärme herrühren kann. Wenn diese Wärme geringer ist als die vorhergehende, so hat man einen sicheren Beweis von dem unmittelbaren Durchgang. Und wirklich war dieſs der Fall fast bei allen Versuchen Delaroche's; ich sage fast bei allen, denn es fand sich, daſs die frei durchgelassene Wärmemenge mit der Temperatur der Wärmequelle veränderlich war. Sie war Null für Temperaturen geringer als die des siedenden Wassers, und überstieg fast die Hälfte der gesammten Wärme, wenn eine Argand'sche Lampe angewandt wurde [1]).

Gegen die Wahrheit dieser schönen Entdeckung Delaroche's läſst sich kein Zweifel erheben; und dennoch ist die von ihm angewandte Methode zur Messung der frei durchgelassenen Wärmemengen bei weiten nicht genau, vor allen bei höheren Temperaturen. Um diese Art von Widerspruch zu erklären, muſs ich zwei Dinge bemerklich machen: 1) den aus einer Veränderung des Oberflächenzustandes entspringenden Unterschied zwischen den beiden Wärmemengen, welche das Glas auf dem Wege der Leitung durchdringen. 2) Den Unterschied zwischen denselben Wärmemengen in Folge der gänzlichen oder theilweisen Aufhebung der Wärmestrahlung.

Es ist durch die Versuche von Leslie und andern Physikern wohl erwiesen, daſs mit Tusch geschwärztes Glas alle Wärmestrahlen absorbirt, während es in seinem natürlichen Zustand eine gewisse Anzahl derselben reflectirt. Mithin wird die in das Glas eindringende Wärme im ersteren Fall gröſser seyn als im letzteren. Indeſs, da das polirte Glas nur einen sehr kleinen Antheil der Wärmestrahlen reflectirt, so wird der aus ei-

1) *Journal de physique etc. par Delametherie Année* 1812. — Delaroche, *Observations sur le calorique rayonnant.*

ner Verschiedenheit des Oberflächenzustandes entspringende Fehler sehr unbedeutend, und kann ohne Schaden vernachlässigt werden; allein dem ist nicht mehr so, wenn man den von der gänzlichen oder theilweisen Aufhebung der Wärmestrahlung erzeugten Fehler untersucht.

In der That ging bei einigen Versuchen Delaroche's durch das natürliche Glas *wenigstens* die Hälfte der auffallenden Strahlen unmittelbar durch; und es war also *bloſs* die Hälfte an der Vorderfläche des Glases aufgefangen worden. Die Wirkung der Leitungsfähigkeit konnte bloſs dieser Hälfte zugeschrieben werden, während das geschwärzte Glas, da es die gesammte Strahlung auffing, wirklich einer doppelt so starken Wärme ausgesetzt war, und deshalb eine viel gröſsere Leitungs-Wirkung als zuvor hervorbringen muſste. Zieht man also das mit dem klaren Glase erhaltene Resultat von dem mit dem geschwärzten Glase erhaltenen ab, so bekommt man eine Temperatur die kleiner ist als die wahre der frei durchgelassenen Strahlen. Allein der Fehler wird nicht in allen Fällen gleich seyn. Anfangs Null bei der Siedhitze des Wassers, steigt er mit der Temperatur der Wärmequelle, und folglich werden die zu hohen Temperaturen gehörigen Messungen der freien Strahlung die gröſste Verringerung erleiden. Daraus folgt offenbar, daſs diese letztere Fehlerquelle in der Messung der unmittelbaren Strahlung das Delaroche'sche Gesetz keineswegs schwächt, sondern noch bestätigen hilft. Es war also erlaubt zu sagen, wie ich zuvor gethan, daſs die Ungenauigkeit der Methode nicht einwirke auf die Wahrheit des Gesetzes, welches durch sie festgestellt werden sollte.

Man verdankt auch Delaroche eine Entdeckung von nicht geringerer Wichtigkeit als die vorhergehende, die nämlich über den Unterschied des Verlustes, welchen die nämlichen Wärmestrahlen beim successiven Durchgang durch zwei Glasscheiben erleiden. Ich werde indeſs für jetzt nicht weiter in diesen Gegenstand einge-

hen, da ich Gelegenheit habe noch in der Folge davon zu sprechen [1]).

In den verschiedenen Arbeiten, deren ich eben kurz berührte, hat man sich nicht damit beschäftigt, die Durchgänge der Wärmestrahlen durch Schirme von verschiedener Natur mit einander zu vergleichen, und wenn man die Versuche von Prévost und von Herschel ausnimmt, aus denen man keine Folgerung ziehen kann, so haben alle übrigen nur die Bestimmung der Transmissionsgesetze für eine einzige Substanz, nämlich Glas, zum Zweck. Den Einfluſs, den der Oberflächenzustand, die Dicke der Schichten und ihr inneres Gefüge auf die frei

1) Nicht mit Stillschweigen kann ich jedoch übergehen, daſs, ungeachtet der Resultate von Delaroche, Physiker von groſsem Verdienst (worunter ich nur Laplace und Brewster anzuführen brauche) den unmittelbaren Durchgang der Wärme durch klare starre Körper geläugnet haben. Ihr Haupteinwand stützt sich auf einen Versuch desselben Physikers, woraus man schloſs, daſs ein dickes Glas mehr strahlende Wärme auffing als ein dünnes Glas, wiewohl seine Durchsichtigkeit viel gröſser als die des letzteren war. Man bestand darauf, in dieser Thatsache die Gegenwart und Wirkung einer successiv von einer Fläche zur andern fortgeleiteten Wärme zu sehen, und schrieb folglich alle hinter dem Schirm beobachteten Temperatur-Erhöhungen dem geleiteten Wärmestoffe zu. Diese Meinung kann sich indeſs nicht halten, seit den Resultaten, die ich mit Anwendung des Thermomultiplicators auf diese Klasse von Erscheinungen erhalten habe; denn man wird weiterhin sehen, daſs die Wirkung der Wärme durch eine klare Schicht augenblicklich ist, und daſs die Zeit, welche das Instrument zur Angabe des totalen Effects gebraucht, sich weder mit der Beschaffenheit noch mit der Dicke der Schirme ändert. Man mag die Strahlen einer constanten Wärmequelle entweder direct oder nach dem Durchgang durch einen durchsichtigen Schirm von einem oder hundert Millimeter Dicke mit einer thermoelektrischen Säule auffangen, so setzt sich doch die Galvanometernadel in Bewegung, *so wie die Communicationen vollzogen sind*, *und sie bleibt stehen, nachdem sie innerhalb eines constanten Intervalls*, das für meinen Apparat 90 Secunden beträgt, einen mehr oder weniger groſsen Bogen durchlaufen hat.

Digitized by Google

von ihnen durchgelassenen Wärmemengen ausübt, hat man noch nicht studirt; daher habe ich gesucht diese Lücken auszufüllen, allein da das Feld zu grofs ist, sind einige Kapitel nothwendig unvollständig geblieben. Einige derselben hoffe ich jedoch in der Folge wieder aufzunehmen und auf eine weniger unvollkommene Weise zu behandeln.

Ich habe meine Untersuchungen unter zwei Abhandlungen vertheilt. Die vorliegende enthält die Beschreibung der von mir zur Messung der freien Wärmestrahlung befolgten Methode und deren Anwendung auf den Fall, wo eine constante Wärmequelle auf Körper von verschiedener Natur einwirkt. In der zweiten werde ich die mit mehren Schirmen und veränderlichen Wärmequellen erhaltenen Thatsachen aus einandersetzen.

Allgemeine Betrachtungen über den freien Durchgang der Wärme durch Körper, und über das Verfahren, mittelst des Thermo-Multiplicators ein genaues Maafs desselben zu erhalten.

Ich habe bereits gesagt, dafs ein Schirm von durchsichtiger Substanz, in einem gewissen Abstande von der Wärmequelle aufgestellt, einen Theil der auf seine Vorderfläche fallenden Strahlen auffängt, und einen andern frei durch seine Masse hindurchläfst. Ich habe ferner bemerkt, dafs nach einer gewissen Zeit die an der Vorderfläche aufgefangene und durch die fortgesetzte Strahlung angehäufte Wärme allmälig von Schicht zu Schicht bis an die Hinterfläche gelangt, wo sie wieder in den Raum zu strahlen anfängt; und dafs diese Irradiation sich mit der den Schirm fortwährend auf unmittelbarem Wege durchdringenden Wärme vermengt, und eine genaue Messung derselben verhindert.

Bei Flüssigkeiten kann man den Einflufs der Leitungsfähigkeit der Schichten immer zerstören, indem man die Substanz des Schirms auf die von Hrn. P. Prévost

Digitized by Google

angewandte Weise fortwährend erneut; allein dieser Kunstgriff ist bei starren Körpern und selbst bei Flüssigkeiten, wenn man sie nur in geringer Menge haben kann, sehr schwierig und oft gar nicht anwendbar. Um denselben Zweck auf allgemeine Weise zu erreichen und die Versuche gewissermafsen unabhängig zu machen von der Wirkung der Leitungsfähigkeit, mufs man einen andern Weg einschlagen.

Beim Nachdenken über die Erwärmungsweise der Hinterfläche der dazwischen gestellten Lamelle und die daraus hervorgehende Strahlung sieht man, dafs diese letztere ganz andere Eigenschaften hat als die, welche der frei durchgehenden Wärme angehören. Um sich davon zu überzeugen, braucht man nur zu erwägen, dafs ihre Wirkung sich mit dem Abstand des Schirms von der Wärmequelle ändert, was mit den frei hindurchgelassenen Strahlen nicht im Mindesten der Fall ist, denn der unmittelbar durchgegangene Wärmestoff verhält sich wie das Licht.

Bringt man zwischen das Auge und eine Lichtflamme eine Scheibe von Glas oder irgend einer andern mehr oder weniger durchsichtigen Substanz, so erhält man immer dieselbe Schwächung der Lichtstärke, welch einen Abstand die Scheibe von der Flamme auch habe.

Eine ähnliche Wirkung zeigt der frei durchgelassene Antheil des Wärmestoffs; und wenn sich also in einer gewissen Entfernung von der thätigen Wärmequelle ein blofs für diese Wärmequelle empfindlicher thermoskopischer Apparat befände, würde derselbe immer einerlei anzeigen, der Schirm möchte in der Nähe der Wärmequelle oder dicht beim Thermoskop dazwischen gestellt seyn.

Klar ist aber, dafs der Vorgang bei dem geleiteten Wärmestoff ein ganz anderer seyn mufs; denn nachdem dieser zweite Antheil der Wärme an der Hinterfläche des Schirms angelangt ist, verläfst er sie in Form

Digitized by Google

von divergirenden Strahlen, die mit der Entfernung schwächer werden. Mit anderen Worten: die Hinterfläche wird, nachdem sie erwärmt ist, eine neue Wärmequelle, deren Strahlung nothwendigerweise in dem Maafse als die Entfernung zunimmt an Stärke abnehmen mufs.

Man besitzt also ein einfaches Mittel, den Einflufs der Leitungsfähigkeit gewissermafsen zu annulliren, ohne die Wirkung der freien Strahlung zu schwächen. Diefs leicht zu errathende Mittel besteht darin, dafs man den Schirm hinreichend vom Thermoskop entfernt, damit die von seiner eigenen Erwärmung herrührenden Strahlen so schwach werden, dafs man sie vernachlässigen kann.

Es sind hier jedoch Vorsichtsmafsregeln zu nehmen; denn so wie man den Schirm weiter vom Thermoskop entfernt, nähert man ihn der Wärmequelle; er erhitzt sich also stärker und strahlt daher mit gröfserer Kraft auf das Thermoskop. Es läfst sich leicht durch Rechnung erweisen, dafs man immer gewinnt, d. h. dafs man den Einflufs der geleiteten Wärme immerfort schwächt, so wie man den Schirm vom Thermoskop entfernt, bis man die Mitte des Abstandes zwischen dem Thermoskop und der Wärmequelle erreicht hat [1]). Bringt man also den

1) Es sey a der Abstand der Wärmequelle vom Thermoskop, x der Abstand des Thermoskops vom Schirm, i die Intensität der Wärmequelle, so hat man: $\frac{i}{(a-x)^2}$ als Ausdruck für die Strahlung auf die Vorderfläche des Schirms. Diese Gröfse wird $\frac{ci}{(a-x)^2}$ für die Hinterfläche, wo c eine von der Wärme-Leitungsfähigkeit des Schirmes abhängige Gröfse bezeichnet. Die Strahlung von der Hinterfläche aus auf das Thermoskop wird endlich ausgedrückt durch $\frac{ci}{x^2(a-x)^2}$. Man hat nun das Minimum y zu bestimmen. Durch Differentiation erhält man:

$$\frac{dy}{dx}=\frac{2ci(2x-a)}{x^3(a-x)^3},$$

und die Gleichung, welche die gesuchte Gröfse giebt, ist also: $2x-a=0$, woraus $x=\frac{1}{2}a$.

Digitized by Google

Schirm in diese Lage, welche die günstigste von allen ist, so wird man sehen, dafs seine Erhitzung keinen Einflufs hat auf die Resultate, die mittelst eines Thermo-Multiplicators [1]), und einer Wärmequelle, deren Strahlung durch die Entfernung sehr geschwächt ist, erhalten werden.

Den Apparat stellt man nun so auf. Man nimmt eine thermoelektrische Säule von etwa dreifsig Plattenpaaren, geschlossen an einem Ende und umhüllt am andern von einer kleinen Röhre, die, um Reflexionen zu vermeiden, inwendig geschwärzt ist. In einer gewissen Entfernung stellt man ein grofses metallenes Diaphragma auf, das in der Mitte ein dem Querschnitt der Säule gleiches Loch hat, und dahinter, in derselben Linie, eine brennende Kerze, welche man mehr oder weniger nähert, bis der Zeiger des Galvanometers eine Ablenkung von 30° angiebt.

Hierauf fängt man die Wärmestrahlung mit einem polirten Metallschirm auf, welchen man zwischen dem Diaphragma und der Lampe aufstellt. Dann kehrt die Nadel auf den Nullpunkt der Theilung zurück. Nun stellt man auf der andern Seite des Diaphragmas einen Träger auf, befestigt auf diesem eine Glasplatte, und schiebt das Ganze ungefähr bis in die Mitte des Abstandes zwischen Säule und Wärmequelle.

Ist diefs geschehen, so nimmt man den Metallschirm fort. Die Wärmestrahlen durchdringen dann das Glas, fallen auf die Säule und setzen sogleich die Nadel des Galvanometers in Bewegung. In 5" bis 6" ist sie um etwa 21°,5 abgelenkt; allein sie nähert sich darauf wieder dem Nullpunkt, oscillirt in einem mehr oder weniger grofsen Bogen und bleibt endlich bei 21° stehen. Diese letzte Ablenkung drückt den *totalen Effect* aus, denn wenn man auch den Versuch 15' bis 20' fortsetzt, bemerkt man doch keine merkliche Bewegung.

1) Siehe die Beschreibung dieses Instruments in den *Annal. de chim. Oct.* 1831 (Annal. Bd. XXVII S. 439).

Die Zeit, welche die Nadel gebraucht, um in ihre stabile Gleichgewichtslage zu gelangen, beträgt 1,5 Minuten [1]). Wiederholt man den Versuch mit andern Scheiben von Glas oder von irgend einer Substanz von sehr

1) Wiewohl die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wärmestrahlung unbekannt ist, so geben doch die Versuche von Saussure und Pictet die Gewiſsheit, daſs dieselbe einen Raum von 50 bis 60 Fuſs in einem unmeſsbaren Augenblick durchläuft. Hienach könnte man fragen: warum nicht unser Apparat die Gegenwart und Stärke der von der Quelle ausgesandten Strahlen augenblicklich angebe? Darauf antworte ich zunächst, daſs der Zeiger des Galvanometers in demselben Augenblick abweicht, da man die Wärme-Communication errichtet, und, wie wir eben gesehen, durchläuft er in 5″ bis 6″ fast den ganzen Ablenkungsbogen. Daſs er einige Secunden mehr gebraucht, um die Gesammt-Wirkung auf eine stabile Weise anzugeben, rührt davon her, daſs wegen der vortrefflichen Leitungsfähigkeit des Wismuths und Antimons, so wie wegen des groſsen Absorptions- und Emissions-Vermögens ihrer geschwärzten Oberflächen eine gewisse Zeit erforderlich ist zur Gleichheit des Austausches für die in die Säule eintretenden Strahlen, und die, welche austreten oder im Innern vernichtet werden.

Allein die zum endlichen Gleichgewicht erforderliche Zeit ist bei den gewöhnlichen Thermoskopen noch weit gröſser. Denn setzt man ein sehr empfindliches Rumford'sches Thermoskop, mit geschwärzter Kugel und mit einer auf Seite der Wärmequelle durchbohrten Metallhülle versehen, der Einwirkung einer Wärmestrahlung aus, so findet man die zur Angabe des Gesammt-Effects erforderliche Zeit vier oder fünf Mal gröſser als bei dem Thermo-Multiplicator. Diese Verzögerung entspringt aus den Schwierigkeiten, welche die *geleitete Wärme* (*chaleur de conductibilité*) bei ihrem Durchgang durch das Glas und bei ihrer gleichmäſsigen Vertheilung durch die ganze innere Luftmasse erfährt, eine Vertheilung, die wegen der Liquidität des thermoskopischen Körpers nothwendig eintreten muſs.

Die Dazwischenkunft des Glases erzeugt noch einen anderen Nachtheil, der bei dem Thermo-Multiplicator nicht stattfinden kann, nämlich eine merkliche Pause zwischen dem Moment, wo die Wirkung beginnt, und dem, wo sie sich am Instrumente äuſsert, denn immer bedarf es einer gewissen Zeit, damit die Wärme von der einen zu der andern Fläche gehe.

Ich spreche hier nicht von der Wärme, welche mittelst

Digitized by Google

ungleicher Dicke, von einem Hundertel einer Linie bis zu fünf und sechs Zoll, so giebt das Galvanometer mehr oder weniger gröfsere Ablenkungen als 21°; allein die Zeit zur Erlangung der Gleichgewichtslage ist in allen

freier Strahlung durch die durchsichtigen Wände der Hülle direct zu der Luft gelangen könnte, denn wenn man die Intensität von Wärmestrahlen mittelst Thermoskope zu messen hat, mufs man ganz nothwendig das Glas schwärzen, und es selbst durch Ueberziehen mit mehren Lagen des Färbestoffs sehr undurchsichtig machen, denn sonst würde ein Theil der Wärmestrahlen die in der Kugel enthaltene Luftmasse frei durchdringen, ohne sie im geringsten auszudehnen.

Bei den gewöhnlichen Thermoskopen mifst man daher *immer* die Strahlung quer durch eine opake Glasschicht, und diese Schicht, wie dünn sie auch sey, mufs durch ihr schlechtes Leitungsvermögen immer der Wärmefortpflanzung während der ersten Augenblicke der Wirkung einen grofsen Widerstand entgegensetzen. Bemerken wir überdiefs, dafs, je mehr man die *Empfindlichkeit* des Thermoskops dadurch zu vergröfsern sucht, dafs man seine Kugel gröfser nimmt, desto mehr auch die *Schnelligkeit* seiner Angaben vermindert wird, denn das Volum der Kugel vergröfsert sich verhältnifsmäfsig mehr als der der Wärmequelle zugewandte Theil ihrer Oberfläche, und die innere Luftmasse vergröfsert sich verhältnifsmäfsig auch mehr als die Punkte des Glases, welche derselben ihre Wärme mittheilen können. Dadurch steigert sich die Schwierigkeit, den Augenblick der Temperatur-Gleichheit in allen Punkten der Masse zu erhalten, und es wird zur Erlangung des Gesammt-Effects eine längere Zeit erforderlich.

Endlich lassen sich die Thermoskope nicht mehr anwenden, wenn es sich darum handelt, sehr schwache Wärmestrahlen zu messen, die nach gegebenen Linien vertheilt sind, oder sehr schmale Bündel bilden. Um dann den Zweck zu erreichen, müfste man nämlich dem Instrument seine ganze Empfindlichkeit erhalten, also seine Kugeln sehr klein nehmen, was unmöglich ist.

Wenn man sich die Mühe geben will, reiflich über diese Betrachtungen nachzudenken, so, glaube ich, wird man nicht einen Augenblick anstehen können, dem Thermo-Multiplicator bei Untersuchung der Wärmestrahlungen vor allen älteren thermoskopischen Apparaten den Vorzug einzuräumen.

Digitized by Google

Fällen immer die nämliche. Zeichnet man endlich die Zeit auf, welche die Nadel gebraucht, um auf 30° zu gelangen, sobald die Strahlen direct auf die Säule fallen, so findet man sie ebenfalls anderthalb Minuten.

Die Beständigkeit dieser Zeit unter so verschiedenartigen Umständen zeigt mit vollständiger Gewifsheit, dafs die Ablenkungen des Galvanometers ausschliefslich von der Wärme herrühren, welche auf dem Wege der augenblicklichen Durchlassung zur Säule gelangen; und es folgt daraus, dafs, bei der von uns allgemeinen Einrichtung, die eigene Erwärmung des durchsichtigen Körpers keine wahrnehmbare Einwirkung auf das Instrument ausübt.

Allein man kann sich direct von diesem Satz überzeugen, wenn man undurchsichtige Schirme anwendet.

Ich nehme eine Glasscheibe von einem Millimeter Dicke, schwärze sie an einer Seite und wende sie statt der klaren Glasplatte an, dabei die geschwärzte Seite der Lampe zukehrend. Die Nadel bleibt ruhig, wiewohl die Wärmestrahlen unausgesetzt auf die Vorderfläche fallen. Eben so bleibt die Nadel stillstehen, wenn ich als Schirm eine auf beiden Seiten mit schwarzer Farbe überstrichene Kupferscheibe, oder eine Holzplatte, oder endlich ein blofses Blatt Papier anwende.

Mithin würde, selbst wenn man sich einen durchsichtigen Schirm dächte, der sehr dünn wäre, die Wärme vortrefflich leitete, und ein grofses Absorptions- und Emissionsvermögen besäfse, dennoch die Temperaturerhöhung, welche er während des Versuchs erlangen könnte, nicht so starke Wärmestrahlen liefern, dafs sie den Galvanometer-Zeiger bewegten.

Auf den ersten Blick mufs es überraschend seyn, zu sehen, wie Wärmestrahlen, die eine Ablenkung von 30° hervorzubringen fähig sind, keine Wirkung mehr thun, wenn sie vom Schirm absorbirt sind, der doch nothwendig die erlangte Wärme auf den Apparat aus-

Digitized by Google

senden mufs. Allein das Erstaunen schwindet, wenn man bedenkt, dafs diese Wärme gleichmäfsig in allen Richtungen und von allen Punkten des erhitzten Schirms ausgesandt wird, folglich nur ein sehr kleiner Bruchwerth der gesammten Strahlung zum thermoskopischen Körper gelangt.

Wir werden weiterhin sehen, dafs die Vorderfläche der Säule nicht sechs Quadratcentimeter Oberfläche hat, und dafs seine Entfernung vom Schirm 14 bis 15 Centimeter beträgt. Aus diesen Datis findet man, selbst in der Voraussetzung, die 30° Wärme seyen vollständig vom Schirme absorbirt und darauf in den Raum gesandt, dafs die Menge der zum thermoskopischen Körper gelangenden Wärmestrahlen nicht den sechsten Theil der gesammten Menge erreicht. Allein das Galvanometer, dessen ich mich bediene, kann höchstens nur den hundert und funfzigsten Theil der Kraft angeben, welche die Nadel um 30° ablenkt. Selbst wenn also das Instrument im Stande wäre eine vier Mal schwächere Wärme anzugeben, würde keine merkliche Wirkung stattfinden.

Die eben beschriebenen Versuche scheinen mir nicht den geringsten Zweifel an der Wahrheit des Satzes übrig zu lassen, dafs, bei meinen Versuchen, die Ablenkung des Galvanometers gänzlich von der Wärme herrührt, die den Schirm auf unmittelbare Weise durchdringt. Indefs müssen diese, meines Erachtens so entscheidenden Beweise für gewisse Personen nicht so überzeugend gewesen seyn, denn ich habe folgendes sagen hören: — Wir geben zu, dafs die hinter dem Schirm erhaltene Ablenkung von 21° nicht durch eine von der Vorderfläche zur Hinterfläche geleitete Wärme bewirkt worden, allein sie könnte doch von einer Wärme herrühren, welche instantan, wie das Licht, auf alle Punkte des Glases übertragen worden sey.

Ehe man eine solche Transmissions-Weise annähme, scheint mir, dafs man sie durch einen entscheidenden Ver-

Digitized by Google

such beweisen müfste; indefs wollen wir sie als vorhanden annehmen. Alsdann sind zwei Fälle da. Entweder erlangen die Glastheilchen unter Einwirkung der Wärmequelle solche Abänderungen, dafs sie eben so viele Wärme-Centra werden, und doch, bei Aufhebung der Strahlung, wieder in ihren natürlichen Zustand zurückkehren; oder diese, als in die materiellen Punkte des Schirms übertragen vorausgesetzte Wärme ist nichts als die gewöhnliche Wärme, welche den bekannten Gleichgewichtsgesetzen gehorcht.

Im ersten Fall hiefse es die Ursache der Transmission selbst erklären wollen, allein die Hypothese, sey sie richtig oder falsch, schwächt keineswegs die Thatsache, welche wir feststellen wollten. Im zweiten Fall müfste die Wärme, welche im Innern des Körpers angelangt ist, eine gewisse Zeit zu ihrem Austritt gebrauchen; überdiefs müfste diese Erkaltungszeit veränderlich seyn mit der Dicke des Schirms, mit seinem Leitungs- und seinem Emissionsvermögen.

Allein unterbrechen wir die Wärme-Communicationen in unserem Apparate, nehmen den durchsichtigen Schirm von seinem Träger, und setzen ihn (den Träger) auf einige Augenblicke der freien Strahlung der hinter dem Diaphragma befindlichen Lampe aus. Wenn die Voraussetzung wahr ist, werden nun die inneren Theile des Glases augenblicklich Wärme erlangen. Um also zu sehen, ob diese Wärme wirklich da ist, bringe man den Schirm wieder auf den Träger vor der Säule, dabei immer die Wärme-Communication mit der Lampe unterbrochen lassend. Die Hinterfläche der Glasscheibe wird nun sogleich die ihr, der Hypothese nach, von den inneren Theilen zukommende Wärme auf die Säule ausstrahlen und den Galvanometer-Zeiger aus seiner Lage ablenken.

Macht man nun diesen Versuch mit Schirmen von irgend einer Substanz und Dicke, so erhält man niemals

Digitized by Google

die geringsten Anzeigen von einer Bewegung der Magnetnadel; mithin ist es vollständig erwiesen, dafs die Ablenkungen des Galvanometers bei den Versuchen, wo man durchsichtige Schirme anwendet, nicht im Allermindesten von der eigenen, inneren oder äufseren Wärme des Schirmes herrühren; und folglich stammen sie gänzlich von der freien Transmission ab. Allemal also, wenn man die Strahlen unserer Wärmequelle auf einen Schirm fallen läfst, und dabei eine Ablenkung des Galvanometers beobachtet, kann man völlig sicher seyn, dafs die *Gesammtheit* der erzeugten Wirkung von Wärmestrahlen herrührt, welche den Schirm nach Art der Lichtstrahlen unmittelbar durchdringen.

Ehe ich diese vorläufigen Betrachtungen verlasse, mufs ich noch zwei Bemerkungen machen, nämlich: 1) dafs solche sehr empfindliche Galvanometer, wie man in dem Thermo-Multiplicator anwendet, direct nicht kleinere Gröfsen als halbe Grade angeben, und 2) dafs die Verhältnisse zwischen den Graden des Galvanometers und den Ablenkungskräften unbekannt sind.

Nun hat es zuweilen seinen Nutzen, kleinere Bruchwerthe als halbe Grade angegeben zu bekommen, und in gewissen Fällen ist es durchaus nöthig, die Verhältnisse der Gröfse der Wärmethätigkeiten zu kennen, welche die Nadel verschiedentlich aus ihrer Gleichgewichtslage ablenken.

Um die gesuchten Bruchwerthe zu bekommen, mufs man aus einer gröfseren Zahl von Beobachtungen die Mittel nehmen.

Was die Beziehung zwischen den Ablenkungen und den Kräften betrifft, so ist es, beim gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft, sehr schwierig und vielleicht unmöglich sie allgemein zu bestimmen; allein solche elektrische Säulen, wie man zur Construction des Thermomultiplicators anwenden mufs, liefern ein ziemlich einfaches Mittel, die Frage in jedem besonderen Fall zu lösen.

In der That ist nichts leichter als die Nadel des Galvanometers auf irgend einem Grad der Ablenkung festzuhalten; dazu braucht man nur in einem zweckmäfsigen Abstande von der einen oder anderen Seite der elektrischen Säule eine angezündete Lampe aufzustellen.

Zur gröfseren Bestimmtheit nehme man an, die Axe der Säule stehe senkrecht auf dem magnetischen Meridian, und die Communicationen seyen so gemacht, dafs eine Erwärmung der Säule auf der linken oder rechten Seite einer Ablenkung des Galvanometers in gleichem Sinne entspreche.

Nun bringe man durch zweckmäfsige Annäherung der Lampe von der rechen Seite her eine ziemlich starke Ablenkung hervor. Diese Ablenkung betrage 44°. Nachdem man die Nadel durch Vorsetzung eines Metallschirmes auf 0° gebracht hat, lasse man sie, mittelst einer zweiten, auf der andern Seite aufgestellten Lampe, um 42° nach der Linken abweichen. Um die Nadel wieder auf dem Nullpunkt der Scale zurückzuführen, braucht man nur, wie vorhin, die Strahlung durch einen Metallschirm aufzufangen.

Was wird nun geschehen, wenn man die Wärme beider Lampen gleichzeitig auf die entgegengesetzten Seiten der Säule fallen läfst? — Die Wärmewirkungen werden sich theilweise zerstören und das Instrument wird nur deren Unterschied anzeigen. Wenn immer eine gleiche Kraft erforderlich wäre, um das System von Nadeln um eine gleiche Zahl von Graden abzulenken, so würde der Zeiger auf 2° zur Rechten stehen bleiben. Allein man weifs, dafs bei dem Galvanometer diese Kräfte wachsen müssen in dem Maafse als die Nadel sich von 0° entfernt. Die zwei Grade Unterschied zwischen den partiellen Ablenkungen 44° und 42° entspringen aus einer gröfseren Kraft als die, welche nöthig ist, die Zeiger-Nadel um die beiden ersten Grade der Scale abzulenken. Die Lage von 2° wird also überschritten seyn, und

um

um desto mehr, je mehr die erste Kraft gröſser ist als die zweite. Der durchlaufene Bogen, verglichen mit dem Unterschiede beider Ablenkungen, giebt also unmittelbar das Maaſs der entsprechenden Kraft. Bliebe die Nadel z. B. auf 8° stehen, so würde daraus folgen, daſs die Kraft, welche nöthig ist, um die Nadel von 42° auf 44° zu bringen, vier Mal stärker wäre als die, welche man anwenden müſste, um sie von 0° auf 2° zu bringen. Dieselbe Kraft würde fünf Mal gröſser seyn, wenn die Nadel auf 10° stehen bliebe und so fort.

Ich verheble mir nicht, daſs bei Anwendung dieses Verfahrens stillschweigends vorausgesetzt wird, die Grade seyen in dem als vergleichendes Maaſs dienenden Bogen den Kräften proportional. Allein diese Voraussetzung ist vollkommen durch die Erfahrung gerechtfertigt, denn man findet bei Galvanometern, deren astatisches System eine groſse Vollkommenheit besitzt, daſs die Magnetnadeln innerhalb des ganzen Bogens von 0° bis etwa 20° Bogenstücke beschreiben, die den Einwirkungen, welche sie von Seiten der elektrischen Ströme erleiden, proportional sind. Um sich davon zu überzeugen, ist es nicht nöthig alle Grade innerhalb jenes Bogens einzeln zu prüfen, sondern man braucht nur unsere Methode auf die Winkel von 20° bis zu 10° zu untersuchen. Man wird eine gleiche Gröſse finden zwischen ihrem Unterschied und dem Effect, der aus der gleichzeitigen Wirkung der bewegenden Kräfte entspringt. Anders gesagt, man erzeuge eine Ablenkung von 20° rechts und eine von 10° links, lasse darauf die beiden Strahlungen, welche diese Ablenkungen geben, gleichzeitig auf die entgegengesetzten Seiten der Säule fallen, so wird der Zeiger nach der Rechten wandern und daselbst genau auf 10° stehen bleiben. Also ist, um die Nadel den Bogen von 10° bis 20° durchlaufen zu machen, eine eben so groſse Kraft erforderlich, als man anwenden muſs, wenn sie die zehn ersten Grade der Scale beschreiben soll, und mithin er-

Digitized by Google

streckt sich die Proportionalität der Grade mit den Kräften bis etwa 20° auf jeder Seite von 0°.

Diese Thatsache scheint den Inductionen, welche sich aus der Natur der galvanometrischen Actionen ziehen lassen, zu widersprechen, denn bei der successiven Drehung des astatischen Systems entfernen sich die Pole der Magnetnadel von der Mittellinie der elektrischen Ströme. Die Intensität der abstofsenden Kräfte verändert sich also in dem Maafse als der Ablenkungswinkel wächst, und daraus würde folgen, dafs die Kraft, welche erforderlich ist, um die Nadel einen gegebenen Bogen durchwandern zu machen, von den ersten Graden der Scale an veränderlich sey. Unzweifelhaft würde diefs auch der Fall seyn, wenn alle elektrischen Ströme in der durch die Null-Linie gehenden Ebene lägen. Allein die Windungen des Drahts um den Rahmen unterhalb des getheilten Kreisbogens haben eine gewisse Ausdehnung zu beiden Seiten dieser Ebene. Bei dem Galvanometer, dessen ich mich zu meinen Versuchen bediene, bedecken sie die beiden gegenüberliegenden Bogen von 76°, deren Sehnen senkrecht sind auf der Nulllinie. So lange also die Oscillationen sich innerhalb einer gewissen Amplitude halten, giebt es immer elektrische Ströme zu beiden Seiten der Magnetnadeln. Wenn nun diese Ströme eine ungemein schwache Kraft besitzen, mufs ihre merkbare Wirkung auf die Nadeln in einem sehr kleinen Abstande aufhören. Gesetzt dieser Abstand betrage 18° der Theilung des Galvanometers für die elektrischen Actionen, woraus zur Rechten und Linken die Abweichungen von 0° bis etwa 20° der Scale entspringen, Actionen, die bei einem sehr empfindlichen Galvanometer ungemein schwach seyn müssen. Wenn das Nadel-System während dieser Oscillationen nicht aus diesen beiden Anfangsbogen von 20° heraustritt, so ist klar, dafs es immer dieselbe Einwirkung erleiden wird, in welche Lage es auch versetzt seyn mag. Denn es

giebt immer dicht bei seiner Ebene eine Reihe von Strömen, welche sich zu beiden Seiten auf 18° ausdehnen, selbst wenn das System die äufsersten Gränzen einnimmt. Was den Einflufs der entfernteren Ströme betrifft, so wird er nach unserer Hypothese Null seyn.

Die bewegende Kraft hat also einen constanten Werth, und es bleibt nur zu betrachten übrig, welche Abänderungen der thätige Theil dieser Kraft durch die verschiedenen Neigungen der Nadeln gegen die Richtung der Ströme erfährt; Abänderungen, denen analog, welche die Schwerkraft in ihrer Einwirkung auf ein schwingendes Pendel in seinen verschiedenen Amplituden erleidet.

Nun ist die Kraft, welche erforderlich ist, um das Pendel in die eine oder die andere Neigung zu heben, proportional der Differenz der Cosinus von den Winkeln, welche die beiden Richtungen mit der Verticale machen, woraus folgt, dafs sie beinahe constant bleibt in den Bogen, die sich nicht sehr von der Ruhelinie entfernen. Dasselbe mufs auch bei dem Galvanometer der Fall seyn, d. h. die Kraft, welche erforderlich ist, um bei diesem Apparat die Ablenkung des Zeigers um einen Grad zu vermehren, mufs innerhalb kleiner Winkel constant seyn, wie auch die Erfahrung lehrt.

Nach dem so eben Gesagten wird man leicht begreifen, dafs die Beziehung zwischen den Graden des Galvanometers und den Kräften, welche die Ablenkungen der Magnetnadeln verursachen, abhängen mufs von der Empfindlichkeit des astatischen Systems und der Vertheilung des Metalldrahts auf dem Rahmen [1]). Sie ist also

1) Um diefs recht einzusehen, braucht man sich nur ein Galvanometer zu denken, bei dem die Windungen des Drahts mehr gegen die Ränder als gegen die Mitte angehäuft wären. Es ist dann klar, dafs unter der Einwirkung eines solchen Systems die ablenkenden Kräfte statt zu wachsen oder in den dem Nullpunkt benachbarten Bogen einfach den Winkeln proportional zu seyn, erstlich abnehmen in dem Maafse als die Nadel sich den Rän-

veränderlich mit der Construction des Instruments, läſst sich aber immer durch die angegebene Methode bestimmen.

Da die Erfahrung mich gelehrt hatte, daſs, bei meinem Galvanometer, die Grade bis zum zwanzigsten der Scale den Kräften nahe proportional waren, so untersuchte ich von diesem Punkt ab weiter bis zum 44sten Grad, von 4 zu 4 Grad, den Gang des Zeigers. Hier blieb ich stehen, da ich meine Versuche über die Durch-

dern des Rahmens nähert, darauf aber zunehmen, so wie die Nadel diese Stellungen überschritten hat.

Was den Einfluſs der Empfindlichkeit des astatischen Systems betrifft, so wird man sich darüber eine richtige Vorstellung machen, wenn man sich ein Galvanometer denkt, dessen beide Nadeln einen sehr ungleichen Grad von Magnetismus besitzen. Alsdann übt der Erdkörper auf die vereinten Nadeln eine sehr starke Wirkung aus, und um die geringsten Ablenkungen zu erhalten, muſs man weit stärkere Elektricitätsströme anwenden, als die, welche bei einem vollkommen astatischen System kleine Ablenkungen hervorbringen würden. In den Stellungen unweit der Nulllinie wird die elektro-magnetische Wirkung, welche von den entfernten Strömen, d. h. von den Strömen auf den Rändern des Rahmens herrührt, wenigstens eine hinlängliche Stärke haben, den aus der Torsion des Aufhängefadens und aus der Trägheit des astatischen Systems entspringenden Widerstand zu überwinden; und sie wird also immer zur Bewegung der oscillirenden Masse beitragen. Dieſs gesetzt, ist es nun klar, daſs die geringste Verschiebung der Nadel einen Verlust in der bewegenden Kraft nach sich ziehen wird; denn wenn das System sich einem gewissen Bogen an dem einen Rande nähert, entfernt es sich zugleich um die doppelte Gröſse von dem andern Rande. Nun haben wir aber vorhin gesagt, daſs in empfindlichen Galvanometern die bewegende Kraft sich für kleine Winkel constant erhält, und wir haben davon den Grund angegeben, indem wir von dem unbestreitbaren Satz ausgingen, daſs bei kleinen Ablenkungen des Instruments die Wirkung der nach dem Rande des Rahmens zu liegenden elektrischen Ströme vernachlässigt werden kann, nicht streng, als würde ein Werth Null erhalten, sondern weil sie wegen der Entfernung ungemein schwach wird, und unfähig die Hindernisse zu überwinden, welche ihr die Torsion des Seidenfadens und die Trägheit der Nadeln entgegensetzen.

Digitized by Google

lassung der Wärme nur mit sehr durch die Entfernung geschwächten Strahlungen anstellte.

Die Bogen, welche das Nadelsystem, vermöge der auf dasselbe einwirkenden Kräfte, in den verschiedenen Theilen seiner Bahn durchlief, hatten folgende Beziehung zu einander.

Der Bog. zwisch.	20° u. 24°	entsprach	5°,12	von 0° aus
- - -	24 - 28	-	6 ,44	- - -
- - -	28 - 32	-	8 ,00	- - -
- - -	32 - 36	-	9 ,92	- - -
- - -	36 - 40	-	12 ,44	- - -
- - -	40 - 44	-	19 ,04	- - -

Jede Zahl in der dritten Kolumne ist das Mittel aus acht Beobachtungen, die alle bis auf den von dem Instrument zu erwartenden Grad von Genauigkeit übereinstimmten. Oft gleich, zuweilen um 0°,5 verschieden, überstieg ihre gröfste Abweichung niemals 1°. Diefs ist die beste Probe, welche man von der Genauigkeit der Methode geben kann.

Die graphische Construction dieser Tafel, welche eine sehr regelmäfsige gegen die Axe der x convexen Curve giebt, hat mir die Werthe der intermediären Kräfte von Grad zu Grad, von 20° bis 45° geliefert. Durch Verbindung mit den ursprünglichen Beobachtungen habe ich dadurch folgende Tafel von den Intensitäten gebildet.

Grade.	Kräfte.	Grade.	Kräfte.	Grade.	Kräfte.
20°	20,0	29°	33,4	38°	55,4
21	21,1	30	35,3	39	58,5
22	22,3	31	37,4	40	61,9
23	23,7	32	39,6	41	65,5
24	25,1	33	41,8	42	69,3
25	26,6	34	44,1	43	73,2
26	28,2	35	46,7	44	78,0
27	29,9	36	49,5	45	83,2
28	31,6	37	52,4		

Digitized by Google

Der Gebrauch einer solchen Tafel bedarf keiner Erläuterung. Alle Kräfte sind auf die zurückgeführt, welche den Zeiger den ersten Grad der Scale durchwandern machen. Die den ersten zwanzig Graden entsprechenden Werthe findet man nicht darin; denn in der ganzen Erstreckung dieses Bogens ist die Zahl, welche die Kraft vorstellt, gleich der Zahl der in dem durchlaufenen Bogen enthaltenen Grade. Wenn man also z. B. die Kräfte sucht, welche die Ablenkungen 35° und 16° hervorbringen, wird die erste derselben von der Tafel gegeben, und hat zum Werth 46,7; und die zweite hat, da sie kleiner als 20° ist, denselben Werth wie der Bogen, d. h. 16. Handelt es sich um Kräfte, die Bruchtheilen von Graden entsprechen, so braucht man nur den Proportionaltheil des in Rede stehenden Grades zu berechnen; denn in dem Zwischenraum von einem Grad zum andern fällt die Curve beinahe mit der Tangente zusammen. Will man z. B. die der Ablenkung 31°,7 entsprechende Kraft erfahren, so braucht man nur zunächst den Unterschied von 37,4 und 39,6, den Intensitäten der zu 31° und 32° gehörigen Kräfte zunehmen; da dieser Unterschied 2,2 ist, so findet man den Werth x der Kraft, welche sieben Zehnteln des zwischen 30° und 32° liegenden Grades entspricht, durch die Proportion:

$$1^{\circ} : 0^{\circ},7 :: 2,2 : x = 1,5.$$

Addirt man diese Zahl zu der, welche die Kraft von 31° vorstellt, nämlich zu 37,4, so hat man 38,9 als gesuchten Werth.

Von der Politur, Dicke und Natur der Schirme.

Das Verfahren, welches wir angegeben, um mittelst des Thermomultiplicators das Maafs der von durchsichtigen Körpern unmittelbar durchgelassenen Wärme zu erhalten, und die bei den Versuchen zu nehmenden Vorsichtsmaafsregeln, lassen fast nichts zu wünschen übrig. Ehe wir

indeſs zur Auseinandesetzung der Resultate übergehen, wollen wir noch Einiges über die Construction sagen.

Die zu den Versuchen angewandte Säule hat die Figur eines quadratischen Stabes. Jedes seiner Enden bildet eine ebene Fläche von 4,24 Centimeter (Quadrat-Centimeter? *P.*); es besteht aus 27,5 Paaren oder aus 55 Stäben Wismuth und Antimon, von 32 Millimetern Länge, 2,5 Breite und 1 Dicke. Nicht ohne Mühe ist es uns gelungen so dünne Stäbe zu verfertigen und zusammen zu löthen. Die leichte Oxydation des flüssigen Antimons, seine Verschiedenheit in der Schmelzbarkeit von Wismuth, und die ungemeine Zerbrechlichkeit beider Metalle bieten so viele Schwierigkeiten dar, daſs man sie erst nach mehren unfruchtbaren Versuchen überwindet. Allein so kleine Dimensionen sind bei der Säule durchaus nöthig, wenn man die Gesetze des unmittelbaren Durchlasses durch lockere Flüssigkeiten oder krystallisirte Körper studiren will.

Die elektrische Säule geht durch einen inwendig mit Pappe bekleideten Kupferring, der zur Befestigung an einem Gestell mit einer Schraube versehen ist, so daſs die Axe natürlich die horizontale Lage annimmt, welche sie während des gröſsten Theils der Versuche behalten muſs. Zu beiden Seiten des Ringes ist ein 6 Centimeter langes, inwendig geschwärztes Rohr angebracht, und in einem gewissen Abstande von den Oeffnungen sind die zur Aufnahme der Schirme bestimmten Träger aufgestellt. Streng genommen würde ein einziges Rohr und ein einziger Träger hinreichend seyn, und man könnte die eine Seite der Säule durch einen Metalldeckel bedecken; allein bei Untersuchung von Körpern von verschiedener Natur und Dicke geschieht es zuweilen, daſs sie weder unter sich noch mit der Säule gleiche Temperatur haben. Wenn man dann bloſs einen einzigen Schirm neben dem Apparat aufstellt, findet eine ungleiche Wärmewirkung statt, und die Zeiger-Nadel des Galvanome-

Digitized by Google

ters entfernt sich vom Nullpunkt. Damit sich die Temperatur in's Gleichgewicht setze und die Nadel zu ihrer ursprünglichen Lage zurückkehre, bedarf es dann einer mehr oder weniger langen Zeit.

Dieser Uebelstand findet nun nicht mehr statt sobald die Säule mit zwei Röhren und mit zwei Gestellen versehen wird, denn wenn man vor jeder Seite eine Scheibe von gleicher Natur und Dicke aufstellt, und man dafür sorgt, beide Scheiben unter gleiche Umstände zu versetzen, so ist klar, dafs sie gleiche Temperatur haben werden, und dafs sie folglich auf die entsprechenden Seiten der Säule eine gleiche Menge Wärme senden werden. Der Zeiger des Galvanometers wird also unbeweglich bleiben, wie grofs auch der Temperatur-Unterschied zwischen den Scheiben und dem thermoskopischen Körper seyn mag. Diefs erlaubt dann sogleich zu den Versuchen zu schreiten. Wenn man also Zeit ersparen will, ist es immer gut, von jeder Art von Schirm ein Paar zu haben, um auf eben angezeigte Weise beide Seiten der Säule damit zu versehen.

Um den Einflufs auf die freie Durchlassung abseiten der verschiedenen, die Oberfläche, das Volum und die Substanz der Schirme betreffenden Umstände zu erfahren, mufs man sich nothwendig eine constante Wärmequelle verschaffen. Zu diesem Endzwecke ist nichts besser als eine gute Lampe mit doppeltem Luftzuge und constantem Niveau. Ist eine solche Lampe gut angefertigt, und versehen mit einem durch Schwefelsäure vom Schleim befreiten Oel, so bekommt man eine Flamme, die ihre Temperatur über zwei Stunden lang unveränderlich erhält. Davon habe ich mich mittelst des Thermo-Multiplicators mit grofser Genauigkeit überzeugt. Um diesen Normalzustand zu erlangen, mufs man jedoch natürlich einige Augenblicke warten, damit der Docht, das Oel und der Glasschornstein Zeit haben das *Maximum*

Digitized by Google

der Temperatur zu erreichen. Diese Zeit ist nach der Construction etwas verschieden, 10 bis 15 Minuten.

Die Anwendung einer Argandschen Lampe als Wärmequelle ist einigen Einwürfen ausgesetzt. Man könnte sagen, eine solche Lampe wirke nur durch den Glasschornstein hindurch, dafs dieser Schornstein sich erhitze, und dafs also die Strahlen seiner dunkeln Wärme sich mit der von der Flamme ausgesandten leuchtenden Wärme vermischen; endlich, dafs eine solche Wärmequelle weder gleichförmig sey, noch getrennt von dem Agens, welches sie für gewöhnlich in höheren Temperaturen begleitet.

Dagegen mufs ich aber bemerken, dafs uns gegenwärtig blofs zu wissen interessirt, ob der Zustand der Oberfläche, die Dicke, die Farbe, die innere Structur eines Körpers, so wie seine chemische Zusammensetzung irgend einen Einflufs auf die unmittelbar von ihm durchgelassene Wärmemenge ausüben; und unter diesem Gesichtspunkt sind uns der Ursprung und die Eigenschaften der Wärmestrahlen gleichgültig. Diese Strahlen brauchen nur unveränderlich zu seyn, identisch unter allen Umständen, unter denen sie angewandt werden. Diefs ist nun aber wirklich der Fall mit den Strahlen der Flamme einer wohl unterhaltenen Argandschen Lampe in einem festen Abstande von ihr.

Wenn wir das Verhältnifs der Wärmemengen, welche unter dem Einflufs einer constanten Wärmequelle von verschiedenartigen Schirmen durchgelassen werden, gefunden haben, werden wir, gemäfs dem in der Einleitung Gesagten, untersuchen, wie diese Verhältnisse durch eine Veränderung der Wärmequelle abgeändert werden.

Alle unsere vergleichende Versuche sind mit derselben Wärmestrahlung angestellt. Vor Beginn einer jeden Reihe liefs ich die Strahlen direct auf die Säule fallen, und veränderte den Abstand der Lampe dergestalt, dafs

Digitized by Google

die Galvanometernadel beständig auf 30° ihrer Scale stehen blieb.

Schon in der Einleitung habe ich bemerkt, dafs alle äufseren Theile des Thermoskops gegen Wärmestrahlungen geschützt waren, mittelst eines grofsen Metallschirms welcher in der Mitte, gegenüber der der Lampe zugewandten Seite der Säule, durchbohrt war.

Um die Gemeinschaft zwischen dieser Oeffnung und der Wärmequelle herzustellen oder zu unterbrechen, bediente ich mich eines beweglichen Schirms von Kupfer, aus zwei oder drei parallelen, auf einem Gestell befestigten Scheiben bestehend.

Die von der Lampe abgewandte Seite der Säule hat einen ganz ähnlichen Schirm zum Verschliefsen und Oeffnen, und zwar aus folgendem Grunde.

Wenn man, nach beobachteter Wirkung einer Strahlung, die Wärmestrahlen auffängt, mufs man, ehe zu einem zweiten Versuch geschritten werden kann, die bestrahlte Seite der Säule auf ihren natürlichen Zustand zurückkommen lassen. Nun scheint, dafs die von der Flamme ausgesandte Wärme leichter in den Apparat dringe als sie vermöge ihres natürlichen Hanges zum Gleichgewicht austritt; wenigstens lehrt die Erfahrung, dafs die Zeit, in welcher die Ablenkung geschieht, zu der Zeit, welche die Nadel gebraucht, um ihre ursprüngliche Lage genau wieder einzunehmen, sich ungefähr wie 1 : 5 verhält; denn die letztere Zeit beträgt 7′ bis 8′, und die totale Abweichung kommt, wie wir früher gesehen, in anderthalb Minuten zu Stande. Was auch die Ursache dieses Unterschiedes zwischen den Erwärmungs- und Erkaltungszeiten seyn mag, immer mufs man doch 7 bis 8′ abwarten, ehe man von einem Versuch zum zweiten übergehen kann, wenn man blofs den ersten beweglichen Schirm vor der Wärmequelle aufstellt. Oeffnet man aber an der Säule die entgegengesetzte Seite, nähert von dorther einige Augenblicke lang eine brennende Kerze zweck-

mäfsig, und unterbricht darauf die Communication wieder, so ist klar, dafs man die Nadel zwingen wird in kürzerer Zeit als 8' zum Nullpunkt zurückzukehren. Diefs liefse sich aber nicht ausführen, wenn die Säule an der von der Lampe abgewandten Seite hermetisch verschlossen wäre. Der zweite bewegliche Schirm dient also zur Abkürzung der Dauer der Versuche; er ist besonders nützlich, wenn die Wärmeentwicklung sehr stark war oder sehr lange anhielt, wie es zuweilen bei den ersten Ajustirungsversuchen der Fall ist. Alsdann dringt ein Theil der Wärme bis zu grofser Tiefe in die Säule, und kann erst nach ziemlich beträchtlicher Zeit wieder austreten. Ehe ich diefs einfache Berichtigungsmittel erdacht hatte, war ich durch die schwierige Wiederherstellung des Temperaturgleichgewichts zwischen beiden Enden der Säule, so wie durch die Temperaturverschiedenheit zwischen den Schirmen und dem Apparat oft gezwungen, 15 bis 20 Minuten unthätig zwischen zwei Beobachtungen verstreichen zu lassen.

Wenn ein Gegenstand zahlreiche Versuche erfordert, mufs man sich bemühen nichts zu vernachlässigen, was diese Versuche beschleunigen kann; denn die geringsten Verzögerungen, die aus einer Unvollkommenheit des Verfahrens entspringen, häufen sich nach und nach, und zuletzt gehen ganze Tage rein verloren. Diese Betrachtung mag die Länge der obigen Einzelnheiten entschuldigen.

(Schlufs im nächsten Heft.)

VIII. *Beobachtungen über die Bodentemperatur zu Brüssel; von Quetelet.*

Veranlafst durch die Beobachtungen von Rudberg (Annal. Bd. XXXIII S. 251) hat Hr. Quetelet in seiner *Correspondance mathématique et physique*, *T. VIII*

p. 303, die folgenden Data über die Bodentemperatur zu Brüssel bekannt gemacht. Es sind die Mittel aus den Mittagsbeobachtungen an vier Weingeistthermometern, die neben der Sternwarte und an einem schattigen Orte [1]) bis zu den angegebenen Tiefen in den Boden eingelassen worden waren.

1834.	Temperatur in der Tiefe von 17 Centimeter.	55 Centimeter.	75 Centimeter.	1 Meter.
Januar [2])	7,36	7,63	7,94	8,51
Februar	3,97	4,66	5,71	6,72
März	6,15	6,54	6,98	7,54
April	6,58	6,64	6,97	7,43
Mai	13,21	12,88	12,02	11,53
Juni	15,65	15,04	14,61	14,22
Juli	18,15	17,67	17,14	16,75
August	17,71	17,97	17,96	17,97
September	14,85	15,47	15,88	16,27
October	11,12	11,81	13,01	13,91
November	6,78	8,10	9,37	10,68
December	5,21	5,89	7,08	8,22
Mittel des ganzen Jahres	10,56	10,86	11,22	11,64
Halbe Summe d. Maxima und Minima	11,07	11,31	11,83	12,35
Unterschied der Maxima und Minima	14,18	13,31	12,25	11,25

Diese Angaben (welche man aller Wahrscheinlichkeit nach für Centesimalgrade zu nehmen hat. *P.*) sind nicht in Bezug auf die Ungleichheit der Temperatur in den verschiedenen Erdschichten berichtigt, weil diese Berichtigung erst bei gröſserer Tiefe, wo die Kugel des Thermometers einer bedeutend höheren Wärme ausgesetzt seyn kann als die Röhre, anfängt beträchtlich zu werden.

1) Nicht im Sonnenschein, bemerkt Hr. Q., wie die, welche Hr. Arago eigends unter diesen Umständen angestellt, aber ungeachtet ihrer interessanten Resultate bis jetzt leider noch nicht bekannt gemacht hat.

2) Von den zehn ersten Tagen des Januars fehlen die Beobachtungen.

Digitized by Google

IX. *Ueber den Einfluſs des Mondes auf den Barometerstand und die Regenmenge, nach 27jährigen zu Straſsburg angestellten Beobachtungen;*

von Dr. Otto Eisenlohr,
Privatdocenten an der Universität zu Heidelberg.

Der Einfluſs des Mondes auf die Veränderungen der Atmosphäre ist in der neueren Zeit durch die vielen Untersuchungen der Naturforscher ein so wichtiger Gegenstand für die Meteorologie geworden, daſs jede Erfahrung von einigem Interesse seyn muſs, wenn sie nur auf zuverlässige Beobachtungen gegründet ist, und entweder zur genaueren Bestimmung dieses Einflusses oder zur Entfernung der hierüber noch stattfindenden Zweifel dienen kann. Ich habe daher in meiner Schrift über das Klima von Karlsruhe [1]) noch vollständiger, aber in einer besonderen Abhandlung [2]) die Resultate bekannt gemacht, welche sich aus vieljährigen zu Karlsruhe angestellten Beobachtungen ergeben, und darin gezeigt, daſs jene Resultate mit den von Flaugergues und Schübler an mehreren Orten [3]) bekannt gemachten Erfahrungen über-

1) Untersuchungen über das Klima und die Witterungsverhältnisse von Karlsruhe; von Dr. Eisenlohr. Karlsruhe 1832. 4.

2) Ueber den Einfluſs des Mondes auf die Witterung; Poggendorff's Annalen 1833, Bd. XXX S. 72 bis 99.

3) Flaugergues, über den Einfluſs des Mondes zur Verminderung des Luftdrucks auf die Erde, aus *Biblioth. univers. Avril* 1829, *p.* 265; in Kastner's Archiv für d. ges. Naturlehre, Bd. XVII S. 32, und in Poggendorff's Annalen, Bd. XII S. 308. Bouvard, Berechnung der vom Monde bewirkten atmosphärischen Fluth; aus den *Mémoires de l'academie royale des Sciences, T. VII p.* 267, in Pogg. Annalen Bd. XIII S. 137.

Digitized by Google

einstimmen, und der Einfluſs des Mondes auf den Barometerstand, die Häufigkeit der wäſsrigen Niederschläge, und selbst auf die Trübung des Himmels und die Richtung des Windes unverkennbar ist. Ich bedauerte dabei, daſs die Karlsruher Beobachtungen mir nicht gestatteten auch den Einfluſs des Mondes auf die Menge des gefallenen Regenwassers zu untersuchen, weil sie hierüber keine täglichen, sondern gewöhnlich nur monatliche Angaben enthalten; diese Lücke in meinen Untersuchungen kann ich gegenwärtig ausfüllen, indem auf die gütige Verwendung des Hrn. Geheimen Hofraths Muncke dahier Hr. Professor Herrenschneider zu Straſsburg seine vieljährigen, mit ungemeiner Sorgfalt angestellten Beobachtungen mir zur Benutzung mitgetheilt hat [1]).

G. Schübler, Untersuchungen über den Einfluſs des Mondes auf die Veränderungen unserer Atmosphäre. Leipzig 1830. 8.

- - - Bemerkungen über den Einfluſs des Mondes auf die Witterung; in Kastner's Archiv für Chemie und Meteorologie, Bd. IV S. 13 bis 19.

- - - Ueber Gronau's Untersuchungen über den Einfluſs des Mondes auf die Witterung; ebendaselbst, Bd. IV S. 161 bis 167.

- - - Resultate 60jähriger Beobachtungen über den Einfluſs des Mondes auf die Veränderungen unserer Atmosphäre, ebendaselbst, Bd. V S. 169 bis 212.

F. Baumann, Untersuchungen über monatliche Perioden in den Veränderungen unserer Atmosphäre. Inauguraldissertation unter dem Präsidium von G. Schübler. Tübingen 1832. 8. — Dieselben weiter ausgeführt von Schübler in Kastner's Archiv, Bd. VI S. 225 bis 237.

Auszüge aus Schübler's Abhandlungen befinden sich in Schweigger's Journal, Bd. LXX, und von Arago in dessen *Annuaire*, *p.* 1833.

1) Ich kann hierbei nicht unterlassen die höchst freundschaftliche Verwendung des Hrn. G. H. Muncke, welcher mir durch seine Bekanntschaft mit Hrn. Prof. Herrenschneider jene Beobachtungen verschafft hat, so wie die seltene Uneigennützigkeit und das groſse Vertrauen zu rühmen, welches mir Hr. Prof. Her-

Diese Beobachtungen umfassen den Zeitraum von 1801 bis 1832, und sind während diesen 32 Jahren ununterbrochen zu denselben Tageszeiten, nämlich Morgens zwischen 6 bis 7, Mittags um 12, und Nachts zwischen 9 bis 10 Uhr angestellt; übrigens sind in den Journalen der 5 ersten Jahre noch keine Angaben der Regenmenge für jeden Regentag enthalten, und ich konnte daher nur die folgenden 27 Jahre zu dem von mir beabsichtigten Zwecke benutzen. — Bevor ich jedoch die von mir aus jenen Beobachtungen erhaltenen Resultate über den Einfluſs des Mondes auf die Witterungsverhältnisse hier mittheile, will ich zur besseren Beurtheilung ihrer Richtigkeit eine kurze Uebersicht des Klimas von Straſsburg voranschicken, und zugleich angeben, auf welche Weise jene Beobachtungen angestellt und von mir zur Bestimmung des Mondseinflusses benutzt wurden [2]).

Erster Abschnitt.

Ueber das Klima und die Witterungsverhältnisse von Straſsburg.

1) Barometerstand.

Das Barometer, mit welchem die Beobachtungen angestellt wurden, ist ein torricellisches, die Röhre hat 3 Linien und das Glasgefäſs 44 Linien pariser Maaſses inneren Durmesser. Das Gestell ist von Nuſsbaumholz,

renschneider durch die Mittheilung seiner unschätzbaren Journale bewiesen hat.

2) Hr. Prof. Herrenschneider hat die Resultate der einzelnen Jahre bis 1810 in den *Mémoires de la Sociéte des Sciences de Strasbourg, T. I*, 1811, mitgetheilt, die der übrigen sind in besonderen Abdrücken, unter dem Titel: *Resumé des observations météorologique faites à Strasbourg pendant l'an* 1811 bis 1832 bei Levrault zu Straſsburg erschienen. Hieraus habe ich einige Angaben entnommen, die meisten aber wurden von mir aus den Journalen selbst berechnet.

Digitized by Google

die Scale von versilbertem Zinn und mit einem Nonius versehen, welcher 0,1 einer Linie angiebt. Die convexe Oberfläche des Quecksilbers in der Röhre wurde als oberes Niveau betrachtet, das untere Niveau des Quecksilbers ist mit großer Genauigkeit bestimmt, und liegt nahe 16 Zoll höher als der Steinboden im Innern des Strasburger Münsters. Die Kugel des Thermometers ist in das Quecksilber eingetaucht, und sämmtliche Beobachtungen sind auf die Normaltemperatur von 10° R. reducirt. — Ich erhielt aus den oben genannten 32 Jahren folgende Resultate:

	Höchst. Stand.	Tiefster Stand.	Differenz.	Mittler. Werth.
Januar	28″ 2‴,544	27″ 1‴,700	12‴,844	27″ 9‴,1939
Februar	2 ,434	2 ,578	11 ,856	9 ,5541
März	1 ,641	1 ,903	11 ,738	8 ,9992
April	0 ,938	2 ,631	10 ,307	8 ,4463
Mai	0 ,409	4 ,659	7 ,750	8 ,6868
Juni	0 ,437	5 ,675	6 ,762	9 ,4294
Juli	0 ,075	5 ,812	6 ,263	9 ,2027
August	0 ,219	5 ,969	6 ,250	9 ,3750
September	0 ,994	5 ,184	7 ,810	9 ,6244
October	1 ,316	2 ,650	10 ,666	9 ,2774
November	1 ,738	2 ,381	11 ,357	9 ,0433
December	2 ,531	1 ,513	13 ,018	8 ,7842
Mittel	1 ,2730	3 ,5546	9 ,7184	9 ,13472

Das jährliche Maximum des Barometers ist im Mittel 28″ 3‴,9094; im Jahr 1821 betrug es 28″ 7‴,5, im Jahr 1814 nur 28″ 2‴,6. Es fiel innerhalb jener 32 Jahre zehn Mal in den Januar, neun Mal in den December, sechs Mal in den Februar, drei Mal in den März, zwei Mal in den November und ein Mal in den April und den Mai.

Das mittlere Minimum des Barometers ist 26″ 10‴,8031; im Jahr 1821 war es 26″ 5‴,3, im Jahr 1832 aber 27″ 1‴,8. Es fiel acht Mal in den Januar, sechs Mal in den December, fünf Mal in den Februar, vier Mal in den März und

und November, drei Mal in den October und 2 Mal in den April.

Die mittlere Differenz zwischen dem höchsten und tiefsten Barometerstande des Jahres beträgt 17''',1063; im Jahre 1821 betrug sie 26''',2, im Jahre 1832 aber nur 13''',3.

Der mittlere Barometerstand aus 32 Jahren ist 27'' 9''',13472, für die 27 Jahre von 1806 bis 1832 beträgt derselbe nur 27'' 8''',99072. Der höchste mittlere Barometerstand war 27'' 10''',36267 im J. 1803, der niedrigste 27'' 8''',28667 im J. 1829. Die fünf ersten Jahre von 1801 bis 1805 hatten überhaupt, und namentlich auch im Vergleich mit den zu Karlsruhe angestellten Beobachtungen einen viel höheren Barometerstand als die nachfolgenden.

Aus dem mittleren Barometerstand ergiebt sich für Strafsburg eine Höhe von 431,75 Par. Fufs über dem Meer, und wenn man 1,33 Fufs abzieht, um welche Gröfse das Niveau des Barometers höher liegt als das Innere des Münsters, so ist die Höhe des letzteren 430,42 Fufs; nach dem aus den letzten 27 Jahren erhaltenen Barometerstande von 27'' 8''',99072 findet man aber die Höhe des Steinbodens im Innern des Münsters =435,54 Fufs über dem Meere; Professor Herrenschneider [1]) findet für einen mittleren Barometerstand von 27'' 9''',027 die Höhe =447,9 Fufs. Die Angabe von 435' scheint mir die richtigere zu seyn, was sich besonders durch die Vergleichung der Höhe von Strafsburg mit der von Karlsruhe bestätigt; es liegt nämlich, nach meinen Berechnungen, das Pflaster des Marktplatzes von Karlsruhe 339 Fufs

1) *Resumé des observations météorologiques faites à Strasbourg pendant l'an* 1832, *p. Mr. le Prof.* Herrenschneider. — Strasbourg. 8. — Die Verschiedenheit der vom Prof. Herrenschneider und von mir gefundenen Resultate kann nur in den Formeln liegen, welche zur Berechnung gebraucht wurden. Ich habe meine Berechnung nach der folgenden ausgeführt:

$$h = 56385 \times \left(1 + \frac{7,84 + 9,0}{426,6}\right) \times log \frac{338,07}{332,99072\left(1 - \frac{10^\circ}{4440}\right)}.$$

über dem Meere, und folglich Strafsburg 435,5—339 =96,5 Fufs über Karlsruhe. Dieselbe Zahl erhält man, wenn man die Höhe von Strafsburg über Karlsruhe nach den für beide Orte aus denselben Jahren (1808 bis 1825) gezogenen mittleren Barometerständen (27″ 10‴,1229 für Karlsruhe und 27″ 9‴,0834 für Strafsburg) berechnet; man findet nämlich die Höhendifferenz der beiden Barometer =79,18 Fufs, weil aber das Strafsburger Barometer 1,33 Fufs höher als das Innere des Münsters, und das Karlsruher Barometer 19 Fufs höher als das Pflaster des Marktplatzes liegt, so wird der Höhenunterschied beider Städte =79,18—1,33+19=96,85 Fufs. Diese Bestimmung stimmt mit andern Erfahrungen sehr genau überein; die Höhe der Ebene des Rheinthals wächst von Mannheim bis Karlsruhe, und von da bis Strafsburg nur allmälig, jedoch in einem zunehmenden Verhältnisse, diese Zunahme wird aber erst oberhalb Strafsburg, wo in der Nähe von Breisach die Vorberge des Kaiserstuhls und des Schwarzwaldes an das Ufer des Rheinstromes treten, so bedeutend, dafs sie auf eine Entfernung von 10 Stunden etwa 200 Fufs beträgt.

2) Thermometerstand.

Das Thermometer, welches zu den Beobachtungen gebraucht wird, ist ein nach Réaumur's Scale eingetheiltes Quecksilberthermometer und im Freien gegen Norden aufgehängt. Die Beobachtungen werden zu denselben Stunden wie beim Barometer angestellt, nämlich Morgens zwischen 6 bis 7, Mittags um 12 und Nachts zwischen 9 bis 10 Uhr; sie geben daher eine mittlere Temperatur, welche von der wahren etwas abweicht, indem die Morgenbeobachtung während 6 bis 7 Monaten das Minimum des Tages angiebt, auch die Abendtemperatur zu jeder Jahreszeit unter dem täglichen Mittel liegt, dagegen aber die Mittagsbeobachtung niemals das Maximum des Tages angiebt; die zuweilen um 2 oder 3 Uhr an-

gegebenen Barometerstände zeigen, dafs an heitern Frühlings- und Sommertagen das Maximum die um Mittag beobachtete Temperatur häufig um 2 bis 2,5 Grade übertrifft, und man kann daher annehmen, dafs die mittlere Temperatur von Strafsburg aus jenen Beobachtungen etwa um 0°,3 zu niedrig gefunden wird.

Seit 1815 wurden in jedem Monat mehrere Beobachtungen über die Brunnentemperatur angestellt, indem das Thermometer bis zu einer Tiefe von 5 Meter in einem dazu eingerichteten Pumpbrunnen hinabgesenkt und eine halbe Stunde darin gelassen wurde.

Die in der folgenden Tabelle enthaltenen Thermometerstände sind für die Temperatur im Freien aus 32 Jahren (1801 bis 1832), und für die Temperatur im Brunnen aus 18 Jahren (1815 bis 1832) von mir berechnet:

Monat.	Höchst. Stand.	Tiefster Stand.	Differenz.	Mittlerer Stand.	Mittlerer Stand im Brunnen.
Januar	6,742	—8,422	15,164	— 0,4346	6,6317
Februar	8,766	—6,687	15,453	1,7541	6,1536
März	13,117	—2,797	15,914	4,4122	6,7006
April	17,586	—0,267	17,853	7,8812	7,0186
Mai	20,703	4,000	16,703	11,6728	7,5519
Juni	22,672	7,078	15,594	13,6206	8,1233
Juli	24,703	8,742	15,961	15,0285	8,6858
August	23,977	8,500	15,477	14,7198	9,2186
September	20,359	4,555	15,804	11,8931	9,3289
October	15,500	1,391	14,109	8,0316	9,1686
November	10,805	—2,609	13,414	4,0605	8,3414
December	8,914	—5,969	14,883	1,6806	7,5167
Mittel	16,1537	0,6263	15,5274	7,86003	7,86997

Das jährliche Maximum der Temperatur ist 25°,547, und wohl um 0°,5 zu gering, da die Beobachtungen gewöhnlich um 12 Uhr Mittags angestellt sind, und dasselbe gewöhnlich erst um 2 bis 3 Uhr eintritt; in dem etwa

Digitized by Google

15 Stunden nördlicher gelegenen Karlsruhe beträgt es 26°,08. Sehr grofse Wärmegrade wurden beobachtet: 1802, 8. August 27°, 1803 den 1. August 28° $\frac{1}{4}$; 1804, 6. Juni 27° $\frac{1}{2}$; 1807, 13 Juli 28° $\frac{3}{4}$; 1818, 7. August 27°; 1819, 8. Juli 27° $\frac{1}{2}$; 1825, 18. Juli 27° $\frac{1}{2}$; 1826, 2. August 27° $\frac{1}{2}$; 1827, 30. Juli 27° $\frac{3}{4}$; dagegen erreichte das Thermometer im Jahr 1816 nur 22° $\frac{1}{2}$, im Jahr 1813 nur 21° $\frac{1}{4}$ und im Jahr 1815 nur 20° $\frac{3}{4}$. — Das Maximum fiel 4 Mal in den Juni, 17 Mal in den Juli, und 11 Mal in den August.

Das jährliche Minimum der Temperatur beträgt im Mittel —10°,3516, in Karlsruhe ist dasselbe —11°,02. Ungewöhnlich grofse Kältegrade wurden beobachtet: 1802, 27. Januar —15° $\frac{1}{2}$; 1816, 11. Februar —14°; 1820, 11. Januar —13° $\frac{3}{4}$; 1827, 18. Februar —17° $\frac{1}{4}$; 1830, 3. Februar —18° $\frac{3}{4}$; 1831, 31. Januar —13° $\frac{1}{4}$; sehr gering war die Kälte in den Jahren 1806, 7. März —3° $\frac{1}{2}$; 1818, 28. December —7°; 1819, 15. December —7°; 1821, 27. Februar —6° $\frac{3}{4}$; 1824, 10. Januar —6° $\frac{1}{2}$; 1825, 16. März —6°; 1828, 13. Februar —6° $\frac{1}{2}$; und 1832, 5. Januar —5°. — Das Minimum fiel 10 Mal in den December, 10 Mal in den Januar, 10 Mal in den Februar, und 2 Mal in den März.

Die mittlere Differenz zwischen dem höchsten und tiefsten Thermometerstande beträgt 35°,898; im Jahr 1827 betrug sie 45°, im Jahr 1806 nur 28°.

Die mittlere Jahrestemperatur ist 7°,86003, für Karlsruhe findet man sie =8°,355, daher also die letztere Stadt um 0°,495 wärmer seyn würde als Strafsburg; da jedoch die Karlsruher Beobachtungen Morgens um 7, Mittags um 2, und Abends um 9 Uhr angestellt sind, und also die wahre mittlere Temperatur ziemlich genau angeben, dagegen aber die Strafsburger Beobachtungen Morgens zwischen 6 bis 7, Mittags um 12, und Nachts zwischen 9 und 10 Uhr gemacht werden, und also das hieraus gezogene Resultat etwa um 0°,3 zu niedrig

ist, so würde die mittlere Temperatur von Strafsburg $=8^\circ,160$, und der Unterschied nur noch $0^\circ,195$ betragen. Dieser Unterschied kann theils in der Verschiedenheit der zu den Beobachtungen gebrauchten Thermometer liegen, theils aber von der Nähe des Rheins und der höheren Gebirge des Schwarzwalds verursacht werden, indem die höhere Lage von Strafsburg durch seine südlichere Lage wieder ausgeglichen wird. Uebrigens nimmt die mittlere Jahreswärme von Mannheim an aufwärts im Rheinthale ab, und zwar mehr, als durch die höhere Lage der südlicheren Gegenden bedingt ist; die Ursache davon liegt hauptsächlich darin, dafs das Rheinthal in den unteren Gegenden um mehrere Stunden breiter ist als in den oberen, und dabei die das Thal zu beiden Seiten einfassenden Gebirge unterhalb Rastatt sich nicht mehr als höchstens 1500 Fufs über die Ebene erheben, während sie oberhalb Rastatt 2000 bis 3500 Fufs über dieselbe emporsteigen.

Die gleichfalls auffallend niedrige Temperatur des Wassers im Brunnen stimmt zwar mit der Luftwärme genau zusammen, dabei ist aber zu bemerken, dafs in solchen, der äufseren Luft zugänglichen Brunnen die kältere Luft vermöge ihrer gröfseren Schwere sich ansammelt, hingegen die wärmere Luft nicht leicht eindringt, und daher dieselben gewöhnlich eine Temperatur besitzen, welche im Mittel immer geringer ist, als die der Luft selbst, und auch als die perennirenden Quellen.

3) Hygrometerstand.

Das Instrument ist ein von Dumotiez in Paris verfertigtes Haarhygrometer, und wird seit 1812 täglich Mittags zwischen 1 bis 2 Uhr beobachtet. Aus diesen 21jährigen Beobachtungen erhielt ich folgende Resultate:

Monate.	Hoh. Stand.	Tief. Stand.	Differenz.	Mittl. Stand.
Januar	97,143	86,381	10,762	91,4848
Februar	96,429	81,905	14,524	89,5019
März	94,809	73,500	21,309	84,6943
April	89,714	66,857	22,857	77,7900
Mai	89,309	67,643	21,666	77,0662
Juni	90,500	69,786	20,714	79,5114
Juli	91,262	71,929	19,333	79,7390
August	91,809	72,738	19,071	81,4990
September	93,524	76,571	16,953	84,2333
October	95,262	78,953	16,309	87,4643
November	97,381	83,976	13,405	91,2305
December	97,667	84,809	12,858	91,7405
Mittel	93,7341	76,2540	17,4801	84,66293

Das Maximum der Feuchtigkeit beträgt im Mittel aus 21 Jahren 98°,738, in vielen Jahren erreichte das Hygrometer 100°, im Jahr 1818 nur 95°. Das Maximum fällt hauptsächlich in die Monate November, December und Januar, kommt aber auch in den übrigen Monaten, jedoch im Frühling und Sommer nur sehr selten vor, und beinahe in jedem Jahre wiederholt es sich mehrmals.

Das Minimum der Feuchtigkeit ist im Mittel 63°,333; im Jahre 1817 betrug es 72°, im Jahre 1830 nur 52°. Es fiel 3 Mal in den März, 9 Mal in den April, 6 Mal in den Mai, und 3 Mal in den Juni.

Die Differenz zwischen dem jährlichen Maximum und Minimum beträgt 35°,405, im Jahre 1830 betrug sie 47°, im Jahre 1817 nur 26°.

Die mittlere Feuchtigkeit des ganzen Jahres ist 84°,66293, im Jahre 1823 war sie 90,043, im Jahre 1832 nur 79°,748.

4) Abweichung der Magnetnadel.

Die Abweichung der Magnetnadel wurde seit 1825 täglich zwei Mal, nämlich Morgens um 8, und Mittags zwischen 1 und 2 Uhr, beobachtet; es fehlen jedoch

die Beobachtungen im September 1825, daher ich bei der Berechnung der Mittelzahlen dieses Jahr unberücksichtigt liefs. Die Resultate der Beobachtungen gebe ich in folgenden zwei Tabellen, beide enthalten die westliche Abweichung der Magnetnadel in Minuten und deren Decimaltheilen über 19 Grad; die erste Tabelle enthält die 7jährigen Mittel für die einzelnen Monate, die zweite aber die mittlere Abweichung für jedes Jahr zu den verschiedenen Tageszeiten.

Monate.	Morgens 8.	Mittags 1.	Differenz.	Mittel.
Januar	42',3070	45',8091	3',5021	44',0580
Februar	41,9043	46,1579	4,2536	44,0311
März	42,0483	48,7264	6,6781	45,3873
April	40,8564	48,8950	8,0386	44,8757
Mai	39,4831	48,4114	8,9283	43,9473
Juni	41,1086	50,9386	9,8300	46,0236
Juli	41,4418	51,1030	9,6612	46,2724
August	40,6647	48,9460	8,2813	44,8054
September	41,9231	48,6750	6,7519	45,2990
October	42,6669	47,8498	5,1829	45,2583
November	43,2957	46,4857	3,1900	44,8907
December	42,4034	46,2561	3,8527	44,3297
Mittel	41',67527	48',18783	6',51256	44',93155

Jahr.	Morgens.	Mittags.	Differenz.	Mittel.
1825	41',7350	47',1900	5',4550	44',4625
1826	43,9300	48,6992	4,7692	46,3146
1927	45,8666	51,1900	5,3233	48,5283
1828	40,7610	46,5429	5,7819	43,6519
1829	40,1864	46,5276	6,3412	43,3570
1830	44,0679	52,1002	8,0323	48,0840
1831	40,2675	48,3832	8,1157	44,3273
1832	36,6475	43,8717	7,2242	40,2596
Mittel	41',67527	48',18783	6',51255	44',93155

Die Reihe dieser Beobachtungen ist noch zu kurz, um daraus die täglichen und monatlichen Schwankungen

Digitized by Google

der Magnetnadel vollständig bestimmen zu können, jedoch ergiebt sich, dafs dieselben im Sommer bedeutend gröfser sind als im Winter, und dafs die Abweichung seit 1825 so ziemlich stationär geblieben ist; welche Resultate mit den an andern Orten gemachten Beobachtungen übereinstimmen, dagegen scheint das aus den Strafsburger Beobachtungen sich ergebende Resultat, dafs die westliche Abweichung im Sommer gröfser ist als im Winter, den anderen Orten gemachten Erfahrungen zu widersprechen.

5) Wind.

Die Richtung des Windes wurde drei Mal täglich nach der auf der Thomaskirche befindlichen Fahne bestimmt, und dabei auch die Stärke des Windes nach dem Winkel beurtheilt, um welchen ein Eisenblech von der verticalen Fläche gehoben wurde; jeder Wind, welcher dieses Blech um wenigstens 30 Grade von der senkrechten Richtung ablenkte, wurde als starker Wind in das Journal eingetragen. — Die folgende Tabelle giebt die Richtung des Windes für jeden Monat, und die unterste Querspalte derselben die mittlere jährliche Anzahl der starken Winde an.

Digitized by Google

Monat	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Januar	6,34	25,25	5,03	8,31	30,75	9,25	1,94	6,13
Februar	4,81	19,38	3,84	6,06	30,31	9,40	3,22	7,62
März	8,94	28,28	4,47	4,37	22,03	12,31	3,72	8,88
April	9,50	25,03	6,37	5,81	20,22	8,94	3,38	10,75
Mai	12,06	24,69	6,28	7,03	20,81	8,44	3,78	9,90
Juni	13,34	18,53	5,44	6,38	16,31	10,34	4,90	14,44
Juli	8,47	17,28	5,44	7,75	24,16	12,62	4,94	12,28
August	10,41	17,66	4,84	9,50	23,09	11,44	5,94	10,25
September	8,03	23,78	6,06	9,09	21,81	9,22	3,90	8,12
October	6,59	23,84	5,63	10,53	27,38	8,88	3,15	7,03
November	4,81	21,28	3,53	7,81	34,06	9,56	2,72	6,53
December	5,38	19,44	4,16	6,72	38,16	11,44	2,50	5,22
Jahr	98,68	264,44	61,09	89,36	309,09	121,84	44,09	107,15
St. Wind	6,97	53,50	1,69	0,19	23,72	28,97	2,19	4,56

Digitized by Google

In Strafsburg sind daher die Südwinde, und nach diesen die Nordostwinde vorherrschend, während die West- und Ostwinde am seltensten vorkommen. In dem nicht weit entfernten Karlsruhe ist die Richtung etwas verändert, die Nordostwinde sind zwar eben so häufig als zu Strafsburg, aber anstatt der Südwinde sind die Südwestwinde vorherrschend, ferner sind die Westwinde viel häufiger, dagegen die Südost-, Süd- und Nordwestwinde viel seltener als zu Strafsburg. Die Ursache dieser Verschiedenheit mag theils darin liegen, dafs zu Karlsruhe die Richtung des Windes hauptsächlich nach dem Zug der Wolken beurtheilt wurde, theils liegt sie aber in der unterhalb Strafsburg etwas veränderten Richtung des Rheinthals, indem dieselbe von Basel bis Strafsburg von Süden nach Norden geht, unterhalb Strafsburg aber die das Thal begränzenden Gebirge mehr von Südwest gegen Nordost streichen, und daher der südliche, wegen der Axendrehung der Erde aber als Südwestwind erscheinende Luftstrom in den oberen Gegenden des Rheinthals genöthigt ist, in der Nähe der Erdoberfläche die Richtung von Süd nach Nord anzunehmen, und erst unterhalb Strafsburg, wo das Thal sich erweitert, wieder seine ursprüngliche Richtung erhält.

Der Nordwestwind bringt am häufigsten starke Winde, aber nur sehr selten eigentlichen Sturm, und meistens steht dabei das Barometer über der mittleren Höhe; die Süd- und Südwestwinde bringen zwar nicht so häufig starke Winde, aber alsdann meistens sehr heftige Windstöfse, welche gewöhnlich von bedeutenden Schwankungen des Barometerstandes begleitet sind.

Die Häufigkeit eines jeden Windes ist in den einzelnen Jahren sehr verschieden. Die folgende Tabelle giebt hierüber die Maxima und Minima unter 1095 Beobachtungen, so wie das Jahr an, wo jene eintraten.

N.	155	1813	52	1802
NO.	382	1802	186	1817
O.	112	1826	33	1802
SO.	141	1832	60	1804
S.	413	1828	214	1803
SW.	176	1801	72	1826
W.	77	1817	23	1802
NW.	145	1827	69	1809

Ungeachtet dieser Veränderlichkeit ist in den meisten Jahren der Südwind und nur in wenigen der Nordostwind vorherrschend, und keiner der anderen Winde kommt so häufig vor, dafs er selbst in seinem Maximum die Zahl erreicht, welche der Nordostwind in seinem Minimum hat.

6) Witterung und Regenmenge.

Die Beobachtungen über die Witterung überhaupt wurden ebenfalls täglich drei Mal angestellt, für die Zwischenzeiten finden sich nur wenige Angaben, daher erscheint die Anzahl der ganz hellen, und namentlich der ganz trüben Tage etwas zu grofs, dagegen aber die Anzahl der Tage mit wäfsrigen Niederschlägen, mit Regen, Schnee, Schlossen und Gewitter etwas zu klein, indem diese Meteore öfters schnell vorübergehen, und alsdann, wenn sie zwischen die Beobachtungsstunden fallen, unbemerkt bleiben können. Als helle oder trübe Tage wurden solche betrachtet, an welchen der Himmel nur sehr wenige Wolken zeigte, oder an welchen derselbe ganz mit Wolken bedeckt war, die übrigen Tage heifsen vermischt. Nasse Tage werden diejenigen genannt, an welchen irgend ein mefsbarer wäfsriger Niederschlag bemerkt wurde; Tage mit Regen, Schnee, Schlossen, Gewitter und Nebel sind solche, an denen eines dieser Meteore in den Beobachtungen angegeben ist; dabei ist zu bemerken, dafs als Schlossen meistens nur eigentlicher

Digitized by Google

Hagel (*grèle*), selten aber Graupeln (*grèsil*) angegeben, und dafs unter die Gewitter nur solche elektrische Entladungen aufgenommen sind, bei welchen der Donner gehört wurde. Die Tage mit Eis geben an, wie oft in jedem Monat das Thermometer auf oder unter dem Gefrierpunkt sinkt. — Die Menge des gefallenen meteorischen Wassers ist in Millimetern Höhe ausgedrückt, und wurde in einem Gefäfse aufgefangen, dessen jede Seite des Quadrats 5 Decimeter Länge hat. Die Beobachtungen hierüber wurden seit 1803 ununterbrochen, und zwar seit 1806 nach jedem bemerkbaren Niederschlag angestellt, dabei wird die Menge des als Schnee gefallenen Wassers besonders gemessen

Digitized by Google

Monate.	Himmel.			Meteore.							Regenmenge in Millim.
	Helle Tage.	Trübe Tage.	Vermischt.	Nasse Tage.	Regen.	Schnee.	Schlossen.	Gewitter.	Nebel.	Eis.	
Jan.	3,69	16,84	10,47	11,11	6,69	5,06	0,09	0,00	6,75	18,13	34,3746
Febr.	4,72	12,37	11,16	10,19	7,53	3,69	0,31	0,09	4,69	11,87	34,1506
März	6,94	10,56	13,50	10,67	9,13	2,28	0,38	0,13	1,84	7,41	41,9773
April	7,50	8,25	14,25	10,89	9,72	1,47	0,72	1,00	0,63	1,84	46,5040
Mai	7,31	7,66	16,03	13,55	13,09	0,06	0,62	3,25	0,47	0,00	74,2027
Juni	6,37	7,22	16,41	12,59	12,31	0,00	0,37	3,59	0,28	0,00	82,3573
Juli	6,59	8,22	16,19	13,11	13,53	0,00	0,28	4,03	0,62	0,00	86,3587
Aug.	7,81	7,41	15,78	11,93	11,56	0,00	0,19	3,47	0,81	0,00	74,0893
Sept.	8,88	7,47	13,65	11,37	10,75	0,00	0,09	1,57	3,09	0,00	69,6627
Oct.	5,69	11,34	13,97	10,44	10,75	0,19	0,09	0,19	6,72	0,28	51,0640
Nov.	3,09	16,50	10,41	12,74	11,59	1,84	0,25	0,00	6,41	5,87	56,3853
Dec.	3,31	17,56	10,13	11,22	9,19	3,47	0,16	0,06	6,13	12,47	41,3347
Summe	71,90	131,40	161,95	139,81	125,84	18,06	3,55	17,38	38,44	57,87	692,4612

Digitized by Google

Die Anzahl der hellen Tage wechselte in den einzelnen Jahren zwischen 98 (1814) und 53 (1831), die der trüben zwischen 210 (1816) und 92 (1807), und die der vermischten zwischen 204 (1804) und 66 (1816). Sehr viele helle Tage hatten die Jahre 1810, 1811, 1814, 1815, 1820, 1822, 1825 und 1826, sehr wenige die Jahre 1804, 1816, 1817, 1824, 1827 und 1831. Sehr viel trübe Tage hatten die Jahre 1812, 1813, 1816, 1818 und 1823, sehr wenig die Jahre 1802, 1803, 1804, 1806, 1807, 1808, 1822, 1825 und 1832. — Die Anzahl der nassen Tage konnte nur aus den letzten 27 Jahren bestimmt werden, daher selbst in den Sommermonaten die in der Tabelle für die nassen Tage angegebenen Zahlen von denen der Regentage abweichen, die meisten nassen Tage gab es im Jahr 1831 (165), die wenigsten im Jahr 1813 (120). Uebrigens stimmen die für die einzelnen Jahre sich ergebenden Zahlen mit den in Karlsruhe beobachteten nur wenig zusammen, namentlich geben diejenigen Jahre, welche durch regnerische Witterung sich auszeichneten, für Karlsruhe eine viel gröfsere Anzahl nasser Tage als für Strafsburg, und Karlsruhe hat selbst im Durchschnitt 30 nasse Tage, 20 Regentage, 8 Schneetage und 8 Schlossentage mehr als Strafsburg; diese Abweichung liegt gewifs nur in der oben bemerkten Art der Beobachtung, indem in dem Strafsburger Journale nur für die gewöhnlichen Beobachtungsstunden, in den Karlsruher Journalen aber auch für die dazwischen liegenden Stunden die Witterung angegeben ist, und auch solche Tage, an denen ein geringer und nicht mefsbarer Niederschlag eintrat, als nasse Tage eingetragen wurden. Die Anzahl der Regentage war am gröfsten in den Jahren 1824 und 1831 (154), am kleinsten 1807 (106); die meisten Schneetage gab es 1829 (36), die wenigsten 1806 und 1821 (9); die meisten Tage mit Schlossen gab es 1828 und 1829 (8), 1806 und 1811 wurden keine bemerkt. Die meisten Gewitter hatte 1822 (25),

Digitized by Google

die wenigsten 1818 (7); die meisten Nebel 1832 (59), die wenigsten 1814 (17); die meisten Eistage 1829 (91), die wenigsten 1806 (16).

Die Quantität des gefallenen meteorischen Wassers beträgt, im Mittel aus 30 Jahren, 692,4612 Millimeter oder 25 Zoll 6,9681 Linien Höhe, worunter 29,8781 Millimeter oder 13,2449 Linien in fester Gestalt als Schnee fielen. Diese Regenmenge ist der in den Jahren 1801 bis 1824 zu Karlsruhe gefallenen, welche 25″ 1‴,67 beträgt, bis auf wenige Linien gleich; obwohl die einzelnen Jahre oft sehr bedeutende Unterschiede zeigen. Das meiste Wasser fiel im Jahr 1831 (939,36 Millim.) und im Jahr 1824 (911,24); besonders nafs waren noch die Jahre 1804, 1805, 1816 und 1817. Das wenigste Regenwasser hatte das Jahr 1832 (467,28), ungewöhnlich trocken waren noch die Jahre 1814, 1818, 1820 und 1826. Das meiste als Schnee gefallene Wasser hatte 1814 (60,84 Millim.) und 1829 (59,36), aufser diesen lieferten auch 1812, 1816, 1820, 1823, 1825 und 1827 viel Schneewasser; das wenigste gab das Jahr 1806 (4,90). Ebenfalls sehr arm waren die Jahre 1810, 1813 und 1832.

Das Klima von Strafsburg ist im Allgemeinen gemäfsigt, und wenn auch seine mittlere Temperatur etwas geringer ist, als das von Karlsruhe und Mannheim, so schützt es seine südlichere Lage vor den grofsen Kältegraden, die in manchen Jahren eintreten [1]), und eben so seine Lage in der Mitte des Rheinthals vor den an den östlich gelegenen Gebirgen des Schwarzwaldes so

1) Besonders auffallend war dieses im Jahr 1827, wo in Mannheim und Karlsruhe die Kälte am 18. Februar —21°,5, in Strafsburg aber nur —17°¼ betrug; die Nufsbäume an den Strafsen und die Reben waren nur bis in die Gegend von Rastatt erfroren, oberhalb dieser Stadt hatten sie aber wenig gelitten.

Digitized by Google

häufigen Gewitterregen und Hagelwettern, welche im Sommer bedeutende Abkühlungen bewirken, und oft die Hoffnungen auf eine gesegnete Erndte und Weinlese vernichten; daher auch die Vegetation in Strafsburg und überhaupt auf dem ganzen linken Ufer des Rheins um mehrere Tage früher ist, als in Karlsruhe und der östlichen Seite des Rheinthals.

(Schlufs im nächsten Heft.)

X. *Ueber das Oel aus dem Braunkohlentheer; von J. E. Simon.*

Es ist bekannt, dafs unter den flüchtigen Oelen beinahe allein das Bernsteinöl durch Einwirkung der rauchenden Salpetersäure in diejenige harzartige Materie verwandelt wird, welche, wegen seines bisamähnlichen Geruchs, künstlicher Moschus genannt wird.

Ich habe indefs gefunden, dafs dasjenige Oel, welches durch Destillation des Braunkohlentheers gewonnen wird, dieselbe Eigenschaft hat, und durch Behandlung mit Salpetersäure ein Product giebt, das sich vom künstlichen Moschus nicht unterscheidet. Ich halte diese Notiz nur in sofern für interessant und der Mittheilung werth, als man dadurch auf eine Analogie in dem chemischen Verhalten des Bernsteins und der Braunkohle geleitet wird, durch welche man noch mehr als bisher berechtigt ist, den Bernstein für ein Product der Braunkohlenformation zu halten.

Aufser dem flüchtigen Oele enthielt der Braunkohlentheer noch Paraffin.

Digitized by Google

XI. *Einige Bemerkungen über die Temperatur der Kohlensäure, welche auf verschiedene Weise entwickelt wird;*
von Gustav Bischof.

Die von einigen Physikern aufgestellte Hypothese, daſs die Säuerlinge ihre Wärme, die meistens höher als die der benachbarten süſsen Quellen ist, von der Kohlensäure empfangen, welche sie in der Tiefe absorbiren, hat dem ersten Anschein nach sehr viel für sich. Sie gewinnt noch mehr an Wahrscheinlichkeit, wenn man sich die Kohlensäure-Entwicklung als Folge einer durch Glühhitze im Innern der Erde bewirkten Zersetzung solcher Steinmassen denkt, welche kohlensauren Kalk enthalten. Man ist geneigt, eine auf solche Weise entwikkelte Kohlensäure für glühend heiſs zu nehmen, und wundert sich vielleicht, warum die an Kohlensäure sehr reichen Säuerlinge nicht eine noch höhere Temperatur zeigen, als man gewöhnlich findet. Prüft man indeſs die Sache auf experimentalem Wege, so findet man ganz andere Resultate. Zu dieser Prüfung wurde ich durch die Bearbeitung meiner von der holländischen Societät gekrönten Preisschrift über die Temperaturzunahme nach dem Innern der Erde veranlaſst. Henry [1]) fand zwar schon, daſs nur eine Temperaturzunahme von 0°,2 bis 0°,33 R. stattfinde, wenn Kohlensäuregas von Wasser von gleicher Temperatur absorbirt wird. Um indeſs die Temperaturzunahme auszumitteln, wenn dem Anschein nach glühend heiſse Kohlensäure vom Wasser absorbirt wird, entwickelte ich in einem Flintenlaufe Kohlensäuregas aus kohlensaurem Kalk durch Glühhitze, und lieſs dasselbe unmittelbar in einen mit Wasser gefüllten und

1) Gilbert's Annalen, Bd. XX S. 156.

Digitized by Google

damit gesperrten Recipienten treten. Das Wasser in dem Recipienten betrug 174,5 Maafstheile, das Kohlensäure gas, welches unabsorbirt sich in demselben gesammelt hatte, 60 Maafstheile. Die Temperatur des Wassers vor dem Versuch war 5°,5, nach demselben 5°,9; die ganze Temperaturzunahme mithin 0°,4. Hieran hatte aber die Zimmerwärme (10° bis 11°) während der 1½ stündigen Dauer des Versuchs, und die unmittelbare Nähe des starken Kohlenfeuers, obgleich dessen strahlende Wärme durch einen Schirm von dem Recipienten abgehalten wurde, Antheil. Nach Abzug dieser von aufsen hinzugetretenen Wärme würde sich wohl nahe dieselbe Temperaturzunahme ergeben, wie sie Henry gefunden hat.

Nach dem befremdenden Resultate dieses Versuchs war es nöthig, die Temperatur der aus dem kohlensauren Kalk durch Glühhitze entwickelten Kohlensäure selbst zu ermitteln. Ich brachte daher unmittelbar in den aus dem Flintenlaufe austretenden Gasstrom ein Thermometer, welches bis zum Siedpunkt des Quecksilbers reichte. Ich war besorgt, dafs durch eine all zu schnelle Entwicklung der Kohlensäure die Temperatur bald noch viel höher steigen und das Thermometer zersprengt werden würde, beobachtete es daher sehr aufmerksam. Allein das Thermometer stieg nur auf 25°, und blieb auf diesem Stande, ich mochte die Hitze noch so sehr steigern. Gleichwohl hatte der Flintenlauf an dem Ende, wo das Gas ausströmte, eine Temperatur von 50°, natürlich durch Wärmeleitung, erreicht.

Es ergiebt sich hieraus, dafs bei weitem der gröfste Theil der Wärme, welchen der kohlensaure Kalk empfing, zur Gasbildung verwendet wurde. Angenommen, dafs die Temperatur des kohlensauren Kalks im Flintenlaufe die Schmelzhitze des Goldes, gleich 1137 R. nach Daniell, 1105 nach Guyton Morveau, erreicht habe, so wird also die in dieser Temperatur ausgeschiedene Kohlensäure 1080° bis 1112° R. Wärme verschluckt und

Digitized by Google

gebunden haben. Man sieht hieraus, welche bedeutende Menge Wärme zur Gasbildung erforderlich ist.

Wenn es nun zwar nach dem Resultate jenes Versuchs nicht mehr befremden konnte, daſs ein Kohlensäuregas-Strom von nur 25° R. Wärme keine viel bedeutendere Wärmezunahme in dem Wasser hervorbringen konnte, als sie Henry beobachtet hatte, so war das Räthsel doch noch nicht ganz gelöst. Denn da die von der Kohlensäure gebundene Wärme durch Mischung mit Wasser wieder frei werden muſste, so hätte man immerhin eine gröſsere Zunahme der Temperatur des Wassers erwarten sollen. Daſs dieſs nicht der Fall war, rührt natürlich von der groſsen Wärmecapacität des Wassers her.

Zur Vergleichung schien es mir nicht uninteressant, auch die Temperatur der auf nassem Wege entwickelten Kohlensäure zu bestimmen. Ich entwickelte deshalb in einer Entbindungsflasche aus kohlensaurem Kalk durch Schwefelsäure, die ungefähr mit gleich viel Wasser verdünnt worden, Kohlensäuregas, kittete in den Tubulus eine Glasröhre und schob in diese ein Thermometer, so daſs dessen Kugel etwa einen Zoll oberhalb des unteren Endes der Röhre blieb, damit nicht durch all zu heftiges Aufbrausen Flüssigkeit in die Kugel spritzen konnte.

Die Temperatur der Kreide, der Schwefelsäure und der Luft in der Entbindungsflasche vor dem Versuch war 9°,4 bis 10° R. Als die Säure auf die Kreide gegossen wurde, stieg alsbald das Thermometer bis auf 24°. Diese Temperatur ist also bis auf 1° dieselbe, welche die aus der glühenden Kreide sich entwickelnde Kohlensäure angenommen hatte. Das Gemisch aus Kreide und Schwefelsäure erreichte 40°.

Ich wiederholte den Versuch mit concentrirter Schwefelsäure, wobei die Temperatur des entweichenden Kohlensäuregases bis auf 45° stieg. Ohne Zweifel hätte ich sie noch mehr steigern können, wenn nicht durch all zu heftige Entwicklung die aufsteigende Masse mit der Ther-

mometerkugel in Berührung gekommen wäre. Die Temperatur der Masse stieg weit über 80° R.

Es ergiebt sich hieraus, dafs das durch einen nur einigermafsen energischen Procefs auf nassem Wege entwickelte Kohlensäuregas nicht nur die Temperatur des durch Glühhitze aus Kreide ausgeschiedenen Gases erreichen, sondern dafs sie noch bei weitem höher steigen könne, wenn die Entwicklung durch eine starke concentrirte Säure bewirkt wird.

Etwas anders wird sich freilich die Sache stellen, wenn man sich die Entwicklung des Kohlensäuregases im Innern der Erde denkt, wo Glühhitze herrscht; denn wenn es auch nach seiner unmittelbaren Ausscheidung aus irgend einer Gebirgsart keine höhere Temperatur annimmt, als ich in den obigen Versuchen gefunden habe, so wird sich doch dieselbe auf dem langen Wege von diesem Heerde bis zur Oberfläche in einer, zwar nach und nach abnehmenden, aber doch auf einer gewifs sehr langen Strecke der Glühhitze nahe kommenden, Temperatur weit über den Siedpunkt des Wassers erheben. Selbst indefs, wenn sehr bedeutend erhitzte Ströme von Kohlensäuregas mit Wasser in Berührung kommen, so wird doch, nach den Resultaten einiger Versuche, welche ich im Journal für practische Chemie mitgetheilt habe, die Erhitzung des Wassers erst durch eine lang anhaltende Gasströmung bedeutend werden. Ich habe aber gezeigt, dafs die Kohlensäure-Entwicklungen in vulcanischen Gegenden, zwar an sich sehr bedeutend sind, in ihrer Ergiebigkeit jedoch die des hervorquellenden Wassers nicht sehr übertreffen, häufig sogar weniger betragen als diese [1]). Die Hypothese übrigens, welche die Kohlensäure in der Tiefe der Erde auf Kosten der inneren Wärme ausscheiden läfst, bedarf keiner Erwärmung der Säuerlinge durch die Kohlensäure. Sie braucht blofs den Ursprung derselben in eine etwas gröfsere Tiefe zu ver-

1) Diese Annalen, Bd. XXXII S. 250.

setzen, und die Annahme einer erhöhten Temperatur ist eine nothwendige Folge davon. In der That: keine Hypothese erklärt den Ursprung der Wärme der Thermen einfacher und genügender, als die nun nicht mehr zu bestreitende Temperaturzunahme nach dem Innern der Erde, wie ich in meiner angeführten Preisschrift dargethan zu haben glaube.

XII. *Ueber die Temperatur des pommerschen Vorgebirges Rixhofer;*

(Auszug eines Briefes von Hrn. Strehlke an Hrn. Alexander von Humboldt.)

Das Interesse, welches Sie durch die Beobachtung einer kalten Meeresströmung [1]) an der Küste von Preufsen für die Untersuchung vaterländischer Naturphänomene erweckt haben, wird mich entschuldigen, wenn ich Ihnen das Resultat einer Vergleichung von Beobachtungen über die Lufttemperaturen von Danzig und von gleichzeitigen in Krokow vorlege, einem Pfarrdorfe in der Nähe des Vorgebirges von Rixhofer, kaum $\frac{3}{4}$ geographische Meilen von der nördlichsten Spitze von Westpreufsen entfernt. Während meines Aufenthalts in Danzig veranlafste ich den Pfarrer Wisselinsk in Krokow, die an einem Pistor'schen Thermometer beobachteten Stände täglich mehrere Male aufzuzeichnen. Aus den mir mitgetheilten Beobachtungen, welche vom 24. October 1829 bis zum 24. October 1830 reichen, und 308 Beobachtungstage gewöhnlich mit 5 Beobachtungen täglich um 8, 12, 2, 6, 10 Uhr umfassen, verglichen mit correspondirenden Beobachtungen in Danzig, welche ich mit einem Pistor'schen Thermometer angestellt habe,

1) S. diese Annalen, Bd. XXXIII S. 223.

geht das in folgender Tafel enthaltene numerische Resultat hervor:

	Krokow.		Danzig.	
November	+ 0,3	−5,8	+ 0,0	−6,8
December	− 5,5	−0,1	− 6,8	−0,7
Januar	− 5,6	+2,0	− 6,1	+2,7
Februar	− 3,6	+6,4	− 3,4	+7,3
März	+ 2,8	+3,0	+ 3,9	+2,9
April	+ 5,8	+2,5	+ 6,8	+2,7
Mai	+ 8,3	+3,9	+ 9,5	+3,9
Juni	+12,2	+1,9	+13,4	+1,6
Juli	+14,1	−1,0	+15,0	−1,1
August	+13,1	−1,9	+13,9	−2,3
September	+11,2	−4,3	+11,6	−4,5
October	+ 6,9	−6,6	+ 7,1	−7,1
November	+ 0,3		+ 0,0	

Krokow +4,54 R.
Danzig +4,88

Die wahre mittlere Temperatur beider Orte für den angegebenen Zeitraum ist gröfser als die hier angegebene, zu deren Bestimmung die Hälfte der für Krokow mangelnden Juni-Beobachtungen nicht benutzt ist. Aber der sonst parallele Gang der Temperaturen beider Punkte läfst mit Wahrscheinlichkeit vermuthen, dafs die Temperatur von Krokow 5°,9 seyn werde, wenn man die aus 24jährigen Beobachtungen ermittelte Temperatur von Danzig zu 6°,2 R. ansetzt. — Die während des Frühlings, Sommers und Herbstes bemerkbare Depression der Lufttemperatur von Krokow läfst sich vielleicht am wahrscheinlichsten aus der Abkühlung durch jenen Strom kalten Gewässers ableiten, dessen Entdeckung die Wissenschaft Ihnen verdankt.

Berlin, den 28. December 1834.

F. Strehlke.
Lehrer am Cöllnischen Real-Gymnasium.

XIII. *Nachtrag zu Boussingault's Notiz über die Ersteigung des Chimborazo* [1]).

(Aus einem Briefe von J. B. Boussingault an Alexander von Humboldt.)

— Ich wünschte, dafs ich bald Mufse fände, meine vieljährigen Beobachtungen über die Vulcane der Andeskette zu bearbeiten. Ich glaube, dafs diese Beobachtungen auf das Einfachste und Bestimmteste die, gegen Leopold von Buch's Theorie der Erhebungs-Crater gerichteten, Einwürfe lösen können. In der That ist auch unter allen Vulcanen der Aequinoctial-Region in Amerika nicht ein einziger Kegel der durch den Ausflufs einer flüssigen Lava gebildet wäre. Alle Kegel, welche den hohen Rücken der Cordilleren krönen, sind aus fragmentarischen Massen verschiedener Gröfse zusammengesetzt, und diese Massen sind das Resultat der Zerstückelung und Spaltungen, welche die unterirdischen elastischen Dünste, bei Erhebung eines Theils der Trachyte als Kegel, bewirkt haben. Ich glaube nämlich, dafs man sorgfältig zwei Erhebungsepochen unterscheiden mufs, die der ganzen trachytischen Mauer, welche die Cordilleren bildet, und die der Kegel selbst, welche jenseits der Gränze des ewigen Schnees die offenen Feuer-Schlünde enthalten. Bei der ersten Erhebung war die Trachytmasse noch in einem erweichten Zustande (*à l'état pâteux*), bei der zweiten, blofs theilweisen Erhebung, die da stattfand, wo der geringste Widerstand war, mufs die Trachytmasse schon erhärtet gewesen seyn, wie es die immer scharfkantigen, nie abgerundeten Fragmente zeigen, aus denen die vul-

1) S. diese Annalen, Bd. XXXIV St. 2 S. 215. Der Nachtrag dient zur Erläuterung dessen, was Hr. Boussingault »über die in starrem Zustande gehobenen Trachytstücke« sagt.

Digitized by Google

canischen Kegel der Andeskette von Quito zusammengesetzt sind. Diese Ideen über die Erhebungen der Cordilleren sind nicht in mir seit meiner Rückkunft nach Paris entstanden; sie haben sich mir gleichsam von selbst aufgedrungen, als ich an den Crateren jener Vulcane meine chemischen Versuche über die Natur ausgestofsener Dämpfe anstellte. Lassen Sie uns Ihre geographische Karte des *Nevado de Antisana* betrachten [1]). Ich stelle mir vor, dafs in Nordost der Hütten (*Hacienda de Antisana*), in denen Sie und ich gewohnt haben, die grofse wassergleiche Hochebene einst den Horizont begränzte. Sie lief ununterbrochen, über zwanzigtausend Meter weit, gegen den Abfall der Cordilleren (nach Papallacta) hin. Heerden von Lamas weideten schon damals in der unermefslichen Ebene, Menschen besuchten dieselbe. Aufser den Pferden und Rindern war alles wie jetzt. Da entstanden nach einem heftigen Erdbeben grofse Spaltungen im Trachyt der Hochebene, und unter furchtbaren Detonationen stieg der, nun mit Schnee bedeckte, Berg, aus Fragmenten schwarzer trachytischer Felstrümmer zusammengesetzt, hervor. Ausströmungen von Wasserdampf, kohlensaurem Gas, geschwefeltem Wasserstoff und Schwefeldampf begleiteten das Phänomen, und dauerten Jahrhunderte fort, indem sie immer an Intensität abnahmen. Am Antisana haben die Ausströmungen schon ganz aufgehört, man erkennt nur noch die Oeffnungen aus denen die Dämpfe und Gasarten hervortreten. Unter den alten Bewohnern der Gegend ist aber noch mancher, der in seiner Kindheit jene dampfartigen Emanationen bemerkte, wo sie wie kleine Rauchsäulen in der kalten Luft aufstiegen; der Nevado von Antisana, das heifst der ewig beschneite Theil (ein sich inselförmig erhebender Berg), ist also anderen späteren Ursprungs, als die Hochebene und die Masse der Cordilleren. Vulcanische Kegel sind nicht durch überfliefsende Laven gebildet, sie

1) *Atlas géographique et physique*, *Pl. X* und *XXVI.*

Digitized by Google

sind erhoben, als scharfkantige erhärtete, fragmentarische Massen.

Paris, den 16ten Februar 1834.

XIV. *Ueber die Zusammensetzung des Wassers vom Elton-See im asiatischen Rufsland, verglichen mit der des Meerwassers und der des Wassers vom Caspischen Meere,*

von Heinrich Rose.

Der Elton-See, in der Steppe auf der Ostseite der Wolga, 274 Werst südlich von Saratow, ist unter den merkwürdigen Salzseen in der Nähe des Caspischen Meeres wegen seiner grofsen Ausdehnung der wichtigste; es wird aus ihm eine so grofse Menge Kochsalz gewonnen, dafs der See $\frac{2}{3}$ von allem Salze liefert, welches in ganz Rufsland verbraucht wird. Der See hat eine längliche Form; sein gröfster Durchmesser von Ost nach West beträgt 17, sein kleinster von Nord nach Süd 13 Werst. Er ist so flach, dafs man ihn durchwaten kann, und besteht gleichsam nur aus einer Salzsoole, welche über grofsen Salzlagern schwimmt, aus welchen das Salz gebrochen wird.

Hr. v. Humboldt brachte von seiner Reise, welche er im Jahre 1829 in Begleitung des Hrn. Ehrenberg und meines Bruders unternahm, eine Flasche des Wassers dieses Sees zur chemischen Analyse mit [1]).

Das Wasser war in einer Flasche mit gut verschlossenen Korkpfropfen aufbewahrt worden, auf dessen Boden sich Salzkrystalle (Bittersalz) abgesetzt hatten. Sie

1) Eine ausführliche Beschreibung des Elton-Sees findet sich in dem Berichte dieser Reise, herausgegeben von meinem Bruder, welcher in sehr kurzer Zeit erscheinen wird.

Digitized by Google

wurden, ohne den Kork abzunehmen, in der Wärme, so gut es sich thun liefs, wiederum aufgelöst, und darauf das Wasser in eine Flasche mit eingeriebenem Glasstöpsel gegossen.

Das specifische Gewicht des Wassers fand ich bei 12° C. gegen das vom destillirten Wasser 1,27288. — Das Lackmuspapier wurde durch das Wasser nicht verändert.

a) 10,123 Grm. des Wassers, durch Salpetersäure sauer gemacht, und mit einer Auflösung von salpetersaurer Baryterde versetzt, gaben 1,052 Grm. schwefelsaurer Baryterde (=3,57 Proc. Schwefelsäure). Die von derselben abfiltrirte Flüssigkeit gab durch salpetersaure Silberoxydauflösung 6,965 Grm. Chlorsilber (=16,97 Proc. Chlor).

b) 16,586 Grm. des Wassers durch Chlorwasserstoffsäure etwas sauer gemacht, gaben vermittelst einer Auflösung von Chlorbaryum 1,665 Grm. schwefelsaurer Baryterde (=3,45 Proc. Schwefelsäure).

c) 8,848 Grm. vom Wasser durch Salpetersäure angesäuert, gaben vermittelst einer salpetersauren Silberoxydauflösung 6,086 Grm. Chlorsilber (=16,97 Proc. Chlor).

d) Es wurden 20,079 Grm. des Wassers in einer Platinschale, mit Schwefelsäure versetzt, abgedampft. Die abgedampfte Masse schwärzte sich, aber nur schwach, beim Glühen. Während des Glühens wurde sie mit Stückchen kohlensauren Ammoniaks bedeckt. Sie wog darauf 7,052 Grm., und löste sich vollständig im Wasser auf. Die Auflösung mit einer Auflösung von essigsaurer Baryterde vermischt, gab 13,231 Grm. schwefelsaurer Baryterde. Die von derselben abfiltrirte Flüssigkeit wurde abgedampft, der Rückstand geglüht und mit Wasser behandelt, welches aus demselben 0,740 Grm. einer Mengung von kohlensaurem Natron und Kali auf-

löste. Diese wurden in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, zu der Auflösung Platinchlorid gesetzt und dieselbe vorsichtig abgedampft. Mit Alkohol behandelt, hinterliefs die abgedampfte Masse Kaliumplatinchlorid, das nach vorsichtigem Glühen und Behandeln der geglühten Masse mit Wasser 0,058 Grm. metallisches Platin (=0,14 Proc. Kali) gab.

Die Menge des kohlensauren Kalis betrug danach 0,0406 Grm.; und also die des kohlensauren Natrons 0,6994 Grm. (=2,04 Proc. Natron). — Die Menge des Kalis mit Schwefelsäure verbunden würde 0,0512 Grm. betragen, und die des Natrons mit Schwefelsäure verbunden 0,93488 Grm. Die Menge der schwefelsauren Talkerde in dem schwefelsauren Rückstand betrug also 6,06592 Grm. (=10,22 Proc. Talkerde).

Die Quantität der Schwefelsäure, mit der sich das Kali verbunden hat, beträgt 0,0235 Grm.; die im schwefelsauren Natron 0,5252 Grm., und die in der schwefelsauren Talkerde 4,0026 Grm.; zusammen also 4,5513 Grm. — Die durch die schwefelsaure Masse erhaltene schwefelsaure Baryterde (13,231 Grm.) enthält 4,548 Grm. Schwefelsäure.

e) 18,113 Grm. des Wassers wurden mit einem Ueberschufs von kohlensaurem Kali gekocht, wodurch kohlensaure Talkerde gefällt wurde, die geglüht 1,758 wog. Die abfiltrirte Flüssigkeit wurde unter starkem Kochen abgedampft, der Rückstand mit heifsem Wasser behandelt, wodurch wiederum kohlensaure Talkerde erhalten wurde, die geglüht 0,204 Grm. wog. Die abfiltrirte Flüssigkeit noch einmal abgedampft, gab keine Talkerde mehr. Es wurden also 1,962 Grm. Talkerde (=10,83 Proc.) erhalten. Ich halte indessen die Bestimmung der Talkerde in *d*) für richtiger, weil bei der Fällung durch Kali die Talkerde etwas von diesem Alkali enthalten konnte, weil sie wegen ihrer Auflöslichkeit im Wasser nicht vollständig ausgewaschen werden durfte.

Digitized by Google

Die Analyse des Wassers vom Elton-See gab also folgende Resultate:

Talkerde (*d*)	10,22 Procent
Natron (*d*)	2,04 -
Kali (*d*)	0,14 -
Chlor (*a* und *c*)	16,97 -
Schwefelsäure (Mittel aus *a* und *b*)	3,51 -

2,04 Th. Natron entsprechen 3,83 Th. Chlornatrium; und 0,14 Th. Kali 0,23 Th. Chlorkalium. 3,51 Th. Schwefelsäure verbinden sich mit 1,81 Th. Talkerde zu 5,32 Th. schwefelsaurer Talkerde. 8,41 Th. Talkerde aber entsprechen 19,57 Chlormagnesium. Die Mengen von Chlor in den drei Chlorverbindungen betragen 0,11, 2,31 und 14,41, zusammen 16,83 Th., was mit dem gefundenen Resultate ziemlich genau übereinstimmt.

Nimmt man indessen an, dafs die unmittelbare Bestimmung des Chlors die richtigste sey, so ist es zweckmäfsig die Menge des Chlormagnesiums auf die Weise zu berechnen, dafs man die Chlormengen, die sich mit Kalium und Natrium verbunden haben, von der gefundenen Chlormenge (16,97) abzieht, und aus dem Rest (14,55) die Menge des Chlormagnesiums zu 19,75 Th. bestimmt, was nur unbedeutend von der früher angegebenen Menge abweicht.

Die Bestandtheile des Wassers vom Elton-See im Hundert sind hiernach:

Chlorkalium	0,23
Chlornatrium	3,83
Chlormagnesium	19,75
Schwefelsaure Talkerde	5,32
Wasser und eine höchst geringe Menge organischer Substanz	70,87
	100,00.

Die Menge der feuerbeständigen und ganz wasserfreien Bestandtheile beträgt also 29,13 Procent. Es hat,

wegen der großen Quantität Chlormagnesiums, Schwierigkeiten, die Menge derselben unmittelbar durch Abdampfen zu bestimmen. Diese Bestimmung geschah auf folgende Weise: 21,745 Grm. des Wassers wurden mit einer Auflösung von 5,760 Grm. geschmolzenen kohlensauren Natrons vermischt, und, ohne die gefällte Talkerde abzuscheiden, bis zur Trockniſs abgedampft. Die trockne Masse, stark geglüht, wog 9,733 Grm. Nach der Behandlung derselben mit Wasser, brauste weder die abgeschiedene Talkerde, noch die Auflösung im Mindesten mit Säuren. Die Menge des hinzugesetzten Alkalis war hinreichend, um die Talkerde beinahe, aber nicht ganz zu fällen, was nicht nöthig war, da ein Theil derselben im Elton-Wasser an Schwefelsäure gebunden ist. Man hat also nur den Natrongehalt des hinzugesetzten kohlensauren Alkalis oder 3,374 Grm. von der Menge des geglühten Rückstands abzuziehen, um die Quantität der feuerbeständigen wasserfreien Bestandtheile im Wasser sehr genau zu bestimmen. Man erhält 6,359 Grm. oder 29,24 Procent, eine Menge, die sehr gut mit der, welche sich aus der Analyse ergiebt, übereinstimmt.

Das Wasser des Elton-Sees enthält weder Brom-noch Jodverbindungen, oder, wenn sie darin sind, wenigstens in so auſserordentlich kleinen Mengen, daſs sie, bei den freilich nicht sehr bedeutenden Quantitäten des Wassers, welche zur Entdeckung derselben angewandt werden durften, nicht gefunden werden konnten. — Das bei der Analyse erhaltene Chlorsilber wurde übrigens noch auf einen Brom- und Jodgehalt auf die Weise untersucht, daſs ein Theil davon in einer Atmosphäre von Chlorgas geschmolzen wurde, wodurch weder eine Gewichtszunahme, noch eine Entwicklung von Brom- oder Jodgas bemerkt werden konnte.

Das Elton-Wasser enthält ferner keine kohlensaure und phosphorsaure Salze, kein Ammoniak und Lithion, und keine metallischen Bestandtheile. Es enthält ferner

keinen Gyps oder ein anderes Kalkerdesalz, was auffallend erscheinen mufs, weil mein Bruder nicht nur Gypskrystalle in grofser Menge am Ufer des Sees gefunden hat, sondern auch, weil die am Ufer krystallisirten Salze, von denen mein Bruder Proben mitgebracht hat, und welche theils aus Bittersalz und Kochsalz, theils aus mit Chlormagnesium gemischtem Kochsalze bestanden, alle bei der Untersuchung kleine Antheile von Kalkerde zeigten, und zum Theil etwas Gyps ungelöst hinterliefsen, wenn sie mit wenigem Wasser behandelt wurden. Die Abwesenheit des Gypses im Wasser des Elton-Sees rührt aber wohl davon her, dafs derselbe in den concentrirten Auflösungen gewisser Salze unauflöslich ist.

Das Wasser des Elton-Sees ist vom Professor Erdmann in Dorpat [1]) genau und recht vollständig untersucht worden. Die Verschiedenheit seiner Analyse von der meinigen rührt theils aus einigen Ursachen her, welche ich später erörtern werde, theils wohl nur von der Wahl der Methoden; denn einige von ihm angewandte können nicht füglich sehr genaue Resultate geben. Erdmann fand in 100 Theilen des Wassers:

Kohlensaure Talkerde	0,038
Schwefelsaures Natron	0,384
Schwefelsaure Kalkerde	0,036
Schwefelsaure Talkerde	1,858
Salzsaures Natron	7,135
Salzsaure Talkerde	16,539
Extraktivstoff	0,505
Wasser	73,505
	100,000.

Das Wasser des Elton-Sees ist gleichsam nur eine sehr concentrirte Mutterlauge, aus welcher sich ungeheure Massen von Kochsalz während eines langen Zeitraums

1) Beiträge zur Kenntnifs des Innern von Rufsland, von Erdmann, Bd. II S. 252.

Digitized by Google

abgesetzt haben, und aus welcher sich noch fortwährend während der Sommermonate Kochsalz absetzt, weil das verdampfende Wasser nicht hinlänglich durch zufliefsendes ersetzt wird. Wenn die Temperatur des Elton-Wassers nur um etwas weniges erniedrigt wird, so schiefsen aus demselben bedeutende Mengen von Bittersalz an; die Zusammensetzung und das specifische Gewicht dieses Wassers mufs sich daher mit der Temperatur sehr bedeutend ändern. Obgleich das Elton-Wasser von meinem Bruder bei einer nicht sehr hohen Temperatur geschöpft worden war, so hatte sich doch am Boden der Flasche so viel Bittersalz abgesetzt, dafs dasselbe nur mit Mühe bei erhöhter Temperatur im Wasser aufgelöst werden konnte. So wie es wieder im Sommer nur wenige Grade unter der Temperatur der Atmosphäre langsam erkältet wurde, schossen aus demselben von Neuem eine Menge der regelmäfsigsten Bittersalzkrystalle an.

Die Ufer des Elton-Sees zeigen daher im Sommer nur Krystalle von Gyps und Kochsalz; im Winter indessen aufser diesen viel Bittersalz, das sich im Sommer wieder in der Mutterlauge auflöst, so dafs das Kochsalz rein aus dem See erhalten werden kann. Nur in kühlen Sommernächten scheidet sich bisweilen, nach Pallas, mit dem Kochsalz Bittersalz ab, das aber während des Tages wiederum aufgelöst wird. Je gröfser nun aber die Menge des Chlormagnesiums und des Bittersalzes in der Mutterlauge ist, desto geringer ist die des Kochsalzes, das sich durch erhöhte Temperatur in keiner gröfseren Menge in derselben auflöst. Hieraus erklärt sich leicht die mir im Anfange auffallende geringe Menge des Chlornatriums, welche ich bei der Analyse erhalten hatte.

Es ist daher nothwendig, dafs wenn die Analyse einer so concentrirten Salzauflösung einigen Werth haben soll, das specifische Gewicht derselben vor der Untersuchung bestimmt wird. Bei der Untersuchung von Erdmann findet man dasselbe nicht angegeben, auch

Digitized by Google

nicht die Temperatur, bei welcher das Wasser geschöpft wurde. Es scheint aber, als wenn es bei niedrigerer Temperatur geschehen sey, als die war, bei welcher das von mir untersuchte Wasser genommen wurde. Denn Erdmann bekam nicht nur bei der Analyse bedeutend weniger an festen Bestandtheilen als ich, sondern es geht aus seiner Untersuchung hervor, dafs er bei derselben wirklich eine geringe Menge Gyps erhielt, nach welcher ich vergebens suchte.

Die Zusammensetzung des Wassers vom Elton-See ist ganz die einer Mutterlauge, welche man erhalten würde, wenn eine sehr grofse Menge Meerwasser bei sehr gelinder Temperatur so lange verdampft würde, als sich noch Kochsalz aus ihr abscheidet.

Das Wasser der übrigen Salzseen nordöstlich und östlich vom Caspischen Meere ist dem Wasser des Elton-Sees ähnlich, aber nicht gleich zusammengesetzt, Erdmann hat gleichzeitig mit dem Elton-Wasser auch das Wasser des Bogda-Sees untersucht, und in hundert Theilen des Wassers gefunden:

Schwefelsaure Kalkerde	0,074
Schwefelsaure Talkerde	1,030
Salzsaures Natron	21,576
Salzsaure Kalkerde	0,885
Salzsaure Talkerde	4,863
Wasser	71,572
	100,000.

Erdmann bemerkt richtig, dafs das Wasser des Bogda-Sees der ursprünglichen Beschaffenheit des Meerwassers ähnlicher sey, als das des Elton-Sees, aus welchem, vielleicht durch geringeren Zuflufs süfsen Wassers oder durch andere locale Verhältnisse begünstigt, mehr Kochsalz sich ausgeschieden hat, und daher weniger in der Mutterlauge zurückgeblieben ist.

Das Wasser des Elton-Sees hat in seiner Zusammen-

mensetzung unter allen untersuchten Salzwassern anderer Gegenden die meiste Aehnlichkeit mit dem Wasser aus dem Todten Meere. Aber letzteres hat ein geringeres specifisches Gewicht und auch eine geringere Menge an festen Bestandtheilen. Es scheint nur bisweilen mit Salz gesättigt zu seyn, bisweilen aber nicht, wahrscheinlich wenn der Jordan zu viel süſses Wasser in den See führt, oder wenn es in zu groſser Nähe vom Ausfluſs des Jordans in den See geschöpft wurde. Gay-Lussac lieſs das Wasser, welches er einer Untersuchung unterwarf, bis zu —7° C. abkühlen, ohne daſs sich Salze ausschieden [1]), während Klaproth angiebt, daſs am Boden der Flasche, welche das ihm überschickte Wasser enthielt, sich ein einzelner kubischer Salzkrystall ausgeschieden hatte, welcher aber nach einiger Zeit wieder verschwunden war [2]). Das specifische Gewicht des Wassers vom Todten Meere ist daher verschieden, wobei bei diesem mit Salztheilen, wenigstens, wie es scheint, bisweilen gesättigten Wasser, die Temperatur auch von Einfluſs seyn muſs, bei welcher das Wasser geschöpft wurde. Die Angaben des specifischen Gewichts des Wassers vom Todten Meere, welche mir bekannt sind, weichen auf folgende Weise von einander ab:

Macquer, Lavoisier und Sage geben dasselbe an . . . . zu 1,240
Marcet und Tennant . . . . . zu 1,211
Klaproth . . . . zu 1,245 [3])
Gay-Lussac (bei einer Temperatur von 17° C.) . . . . zu 1,2283
Hermbstädt (bei einer Temperatur von 12°,5 R.) . . . . zu 1,240.

Eben so verschieden sind die Angaben hinsichtlich

1) *Annales de chimie et de physique*, *T. XI p.* 195.

2) Beiträge, Bd. V S. 188.

3) Bei diesen drei Angaben ist die Temperatur nicht angegeben.

des Gewichtes der festen Bestandtheile im Wasser des Todten Meeres. Die zuverlässigste von den vorhandenen Analysen ist unstreitig die von Gay-Lussac, die 26,24 Procent fester Bestandtheile angiebt, welche nur aus Chlormetallen (Chlor-Natrium-, Calcium-, Magnesium- und Kalium) mit Spuren von Gyps bestehen. Es unterscheidet sich von dem Wasser des Elton-Sees durch den Mangel von Bittersalz und durch seinen Gehalt an Chlorcalcium.

Unter den untersuchten Wässern aus Salzseen scheint nach dem der genannten Seen hinsichtlich eines großen Salzgehaltes das Wasser vom See Urmia bei Tauris in Persien zu kommen, welches, nach Marcet, ein specifisches Gewicht von 1,16507 hat, und 22,3 fester Bestandtheile (welche aber nur bei der Siedhitze des Wassers getrocknet waren, daher Krystallwasser enthielten) giebt, die aus Kochsalz, Bittersalz und aus schwefelsaurem Natron bestehen [1]).

Das Wasser, indessen vom Todten Meere und vom Urmia-See erreicht nicht das hohe specifische Gewicht wie das Wasser des Elton-Sees; aber auch nur bei diesem bedeckt es als eine dünne Mutterlauge mächtige abgesetzte Lager von Kochsalz.

Die Aehnlichkeit in der Zusammensetzung des Wassers dieser Seen mit der des Meerwassers, so wie auch mit der der Salzsoolen ist unverkennbar. Die Salze, welche nach den vorhandenen Analysen im Meerwasser enthalten sind, unterscheiden sich nur von denen, welche ich im Elton-Wasser gefunden habe, dadurch, daß man allgemein, nach Murray und Marcet [2]), im Meerwasser schwefelsaures Natron mit Chlormagnesium, und mit Chlorcalcium zusammen vorkommend

1) Gilbert's Annalen, LXIII S. 149.

2) Später ist Marcet von der Meinung, daß das Meerwasser schwefelsaures Natron und Chlorcalcium enthalte, zurückgekommen. (*Annales de chimie et de physiq.*, *T. XXIII p.* 324.)

Digitized by Google

annimmt, obgleich nach aller Wahrscheinlichkeit diese Salze sich selbst in verdünnten Auflösungen gegenseitig zersetzen müssen. Man kann zwar unmöglich mit Gewifsheit die Art beurtheilen, wie die Bestandtheile zweier Salze, wenn dieselben im Wasser aufgelöst werden und dabei keinen schwer- oder unlöslichen Niederschlag hervorbringen, verbunden sind; nehmen wir aber an, dafs in den Salzauflösungen die Salze als einfache Salze, und nicht als Doppelsalze oder andere Verbindungen enthalten sind, so ist es am wahrscheinlichsten, dafs in den allermeisten Fällen die Salze so neben einander in einer Auflösung existiren, wie sie sich durch Abdampfung des Wassers bei der gewöhnlichen oder bei möglichst wenig erhöhter Temperatur durch Krystallisation ausscheiden. Das Salz, welches am wenigsten löslich ist, scheidet sich dann am ersten aus. Die Gründe, welche Murray zur Unterstützung seiner Hypothesen aufführt [1]), sind nicht haltbar. Es ist nicht zu läugnen, dafs schwefelsaure Kalkerde bisweilen in manchen Salzauflösungen leichter, als in einer gleichen Menge Wassers aufgelöst erhalten werden kann, aber gewöhnlich erfolgt ein Absetzen derselben in längerer Zeit. — Aus den salzigen Wässern scheidet sich durch allmälige Verdampfung im Sommer zuerst Gyps, dann Kochsalz, endlich Bittersalz, theils mehr oder minder rein, theils mit Kochsalz gemengt, und Chlormagnesium, als das auflöslichste der Salze, bleibt in der Mutterlauge. Nie erzeugt sich durch freiwillige Abdampfung Glaubersalz. Mein Bruder hat keine Spur davon am Rande des Elton-Sees gefunden; und aus dem Elton-Wasser, wie ich es durch meinen Bruder erhalten habe, schiefsen, wie diefs schon oben bemerkt worden ist, nur Bittersalzkrystalle an.

Bei verschiedenen Temperaturen ändern sich freilich die Verbindungen in den Salzauflösungen zum Theil auf merkwürdige Weise, aber immer doch fast nur aus dem

1) *Annales de chimie, et de physique, T. XCVI p.* 217.

Digitized by Google

Grunde, weil bei verschiedenen Temperaturen die Salze nicht gleichförmig auflöslich sind. Die sonderbarsten Paradoxien in dieser Hinsicht zeigt nun in der That eine Mischung von Kochsalz und Bittersalz. Wenn beide in einer hinreichenden Menge Wasser aufgelöst sind, und durch die gewöhnliche Temperatur, wenigstens im Sommer, Wasser aus der Auflösung verdunstet, so scheidet sich Bittersalz und Kochsalz aus, und zwar wenn viel Kochsalz mit wenig Bittersalz verbunden ist, zuerst ein Theil Kochsalz, dann Bittersalz, während noch Kochsalz aufgelöst bleibt, weil bei der Sommerwärme Bittersalz nur unbedeutend schwerlöslicher ist als Kochsalz. Wird die Temperatur bis zum Nullpunkt erniedrigt oder über 50° C. erhöht, so scheidet sich in beiden Fällen Glaubersalz aus, und es bildet sich Chlormagnesium, weil bei der Frostkälte das Glaubersalz von den vier Salzen, die möglicherweise in der Auflösung enthalten seyn können (Kochsalz, Bittersalz, Glaubersalz und Chlormagnesium) das Glaubersalz das schwerlöslichste ist, und bei einer Temperatur über 50° C. sich dasselbe als wasserfreies Salz absondert. Man hat also Recht, bei der gewöhnlichen Temperatur Bittersalz und Kochsalz als neben einander existirend anzunehmen.

Diefs ist es auch, was mich bewogen hat, bei der Aufstellung der Bestandtheile des Elton-Wassers die ganze Menge der gefundenen Schwefelsäure als mit Talkerde verbunden anzunehmen, und zwar gegen die Meinung von Murray, welchem Marcet bei der Untersuchung des Meerwassers gefolgt ist.

Bei der Untersuchung des Meerwassers nach der früher allgemein gebräuchlichen Methode, dasselbe abzudampfen, den Rückstand mit Alkohol zu behandeln, um die zerfliefslichen Chlormetalle vom Kochsalz und den schwefelsauren Salzen zu trennen, haben einige Chemiker schwefelsaures Natron im Meerwasser aus dem Grunde angegeben, weil sie dasselbe unter den im Alkohol un-

auflöslichen schwefelsauren Salzen fanden, während die meisten dasselbe nicht daraus scheiden konnten. Lavoisier bei seiner Analyse des Meerwassers von Dieppe, so wie Lichtenberg bei der des Ostseewassers [1]) geben schwefelsaures Natron, Chlormagnesium, schwefelsaure Talkerde und Kochsalz gemeinschaftlich an, weil sie diese Salze unmittelbar erhielten, während Vogel in verschiedenen Meerwassern [2]), so wie Link und Pfaff im Ostseewasser [3]) bei einem ähnlichen Gange der Analyse kein schwefelsaures Natron auffinden konnten.

Den Grund dieser Abweichungen findet v. Grotthufs [4]) darin, dafs Bittersalz und Kochsalz mit Alkohol gekocht sich nach und nach in Chlormagnesium und in schwefelsaures Natron zersetzen. Diese Zersetzung findet allerdings statt; sie ist indessen gering, und erfordert ein stärkeres und anhaltenderes Sieden mit Alkohol, was wohl kaum bei den Analysen stattfand. Der Hauptgrund des Auffindens des schwefelsauren Natrons im Meerwasser mag wohl unstreitig der seyn, dafs beim Abdampfen desselben eine starke, vielleicht bis zum Sieden gehende Hitze angewandt wurde. Aus demselben Grunde enthält auch der Pfannenstein der Soolen, der sich beim Sieden derselben absetzt, vorzüglich Glaubersalz. Die Chemiker, welche bei einer Temperatur, die 50° nicht überstieg, Meerwasser abdampften, mufsten kein Glaubersalz erhalten.

Das specifische Gewicht des Meerwassers, so wie die Menge der festen Bestandtheile in demselben in grofsen offenen Meeren, scheinen, nach verschiedenen Naturforschern, ziemlich unveränderlich zu seyn. v. Humboldt hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, und den

1) Schweigger's Beiträge, Bd. II S. 252.

2) Ebendaselbst, Bd. VIII S. 344.

3) Ebendaselbst, Bd. XXII S. 271.

4) Ebendaselbst, Bd, XVIII S. 112.

Digitized by Google

Salzgehalt im Meere zwischen 3,22 und 3,87 Procent liegend bestimmt. Nach Gay-Lussac ist derselbe, als Mittel sehr vieler Untersuchungen, 3,65 [1]); nach Marcet als Maximum 3,76 [2]). Eben so übereinstimmend ist das specifische Gewicht. Nach Gay-Lussac ist dasselbe, als Mittel vieler Untersuchungen, 1,0286 bei 8° C., nach Marcet zwischen 1,026 und 1,03, nach John Davy zwischen 1,0251 und 1,0277, nach Horner, bei 12°,5 C., zwischen 1,0251 bis 1,0293 [3]), und nach den neueren Unsersuchungen von Lenz [4]), die mit sehr großer Umsicht angestellt sind, und bei denen auf alle frühere Rücksicht genommen worden ist, ist das Maximum des specifischen Gewichts des Wassers vom Atlantischen Meere 1,02856 und das der Südsee 1,028084.

Lenz zieht aus seinen vielen Beobachtungen die Folgerung, daſs der Atlantische Ocean von gröſserem Salzgehalt sey, als die Südsee. Der Indische Ocean, als die Verbindung beider groſsen Wassermassen, ist daher zum Atlantischen Ocean hin etwas salziger als nach der Südsee zu, also westlich salziger als östlich; doch ist dieser Unterschied nicht sehr bedeutend. Auſserordentlich bemerkenswerth in dieser Hinsicht aber ist die Angabe von Wollaston [5]), daſs das Wasser im Mittelländischen Meere bei Gibraltar, 50 engl. Meilen östlich von der Meerenge, bei 670 Faden Tiefe, einen Salzgehalt von nicht weniger als 17,3 Procent (bei 120° R getrocknet) und ein spec. Gewicht von 1,1288 zeigt, während es an zwei Stellen östlicher in geringer Entfernung den gewöhnlichen Salzgehalt des Meerwassers besaſs. Diese Angabe,

1) *Ann. de chim. et de phys. T. VI p.* 426.

2) Gilbert's Annalen, Bd. LXIII S. 155.

3) Ebendaselbst, Bd. LXIII S. 159.

4) Poggendorff's Annalen, Bd. XX S. 73.

5) Ebendaselbst, Bd. XVI S. 622.

von der es zu wünschen wäre, dafs sie recht bald bestätigt würde, kann leicht zu den wichtigsten Schlüssen Veranlassung geben.

Es ist bekannt, dafs eingeschlossene Meere oft einen bedeutend geringeren Salzgehalt haben. Am bekanntesten ist diefs bei der Ostsee. Der Salzgehalt dieses Meeres ist an den Stellen noch um so geringer, je mehr dieselben entfernt von der Verbindung dieses Meeres mit der Nordsee liegen, durch welche es seinen Salzgehalt erhält. So fand Horner das specifische Gewicht des Ostseewassers 2½ deutsche Meilen östlich von Gottland 1,0059 bis 1,0068 bei 12°,5 C.; Lichtenberg das des Wasser bei Zoppot bei Danzig, aber freilich 1½ Stunden vom Ausflufs der Weichsel, 1,006; v. Buch das zwischen Laaland und Femern bei 19° C. 1,0094; Marcet das im Sunde 1,0158, und das im Kategat, 1½ engl. Meilen von der Ostküste Jütlands, unter 57° 39′ nördlicher Breite geschöpfte Wasser schon 1,0259. — Diefs stimmt auch mit den Untersuchungen von Wilke überein [1]), welcher bei Versuchen über das specifische Gewicht des Wassers im Snnde bei Landscrona fand, dafs dasselbe sich bedeutend bei Westwind, vorzüglich aber bei Nordwestwind vermehre, und sich bei Ostwind vermindere.

Eine ähnliche, doch umgekehrte Bewandtnifs, wie mit dem Wasser der Ostsee, hat es mit dem des Kaspischen Meeres. Das Wasser desselben verliert da, wo die ungeheure Wassermasse der Wolga sich in das Meer ergiefst, seinen Salzgehalt fast ganz, und nur bei anhaltenden Südwinden wird das Wasser selbst bis nach Astrachan zu salzig.

Mein Bruder hatte eine Flasche des Wassers vom Kaspischen Meere mitgebracht, welche auf einer Fahrt auf diesem Meere, 75 Werst von der vier Hügelinsel (unter 45° 39′ N.B.), der äufsersten von den Inseln, welche die Wolga bei ihrem Ausflufs bildet, gefüllt worden war.

1) Abhandlungen der schwedischen Academie für's Jahr 1771 S. 60.

Digitized by Google

Die Tiefe des Meeres an dieser Stelle war 3½ Faden. Obgleich es bei keinem ungünstigen Winde (bei OSO.) geschöpft worden war, so war es doch so unbedeutend salzig, daſs man es wie Quellwasser trinken konnte.

Die Analyse, welche ich mit diesem Wasser unternahm, konnte, wegen der geringen Menge des Wassers (die Flasche faſste nur wenige Loth) und der geringen Menge der salzigen Bestandtheile in demselben nur unvollkommen seyn. Ich hatte nur so viel davon, um eine quantitative Untersuchung damit auszuführen, ohne vorher mit dem Wasser qualitative Untersuchungen mit Reagentien anstellen zu können. Obgleich indessen die Analyse mangelhaft seyn muſs, so zeigt sie doch auf das Deutlichste den durch den Einfluſs der Wolga herrührenden groſsen Mangel an salzigen Bestandtheilen im Wasser des nördlichen Theils des Kaspischen Meeres.

Das specifische Gewicht des Wassers fand ich sehr gering; es betrug bei 12°,5 C. nur 1,0013, und ist daher nicht viel bedeutender als das von manchem Brunnenwasser in unserer Gegend.

Aus 182,302 Grm. des Wassers mit etwas Salpetersäure versetzt, wurden durch eine Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd 0,336 Grm. Chlorsilber, und durch salpetersaure Baryterde 0,137 Grm. schwefelsaure Baryterde erhalten. Die abfiltrirte Flüssigkeit durch Schwefelsäure und Schwefelwasserstoffgas von der Baryterde und dem Silberoxyde befreit, gab mit Ammoniak und oxalsaurem Ammoniak 0,057 Grm. geglühter kohlensaurer Kalkerde. Die davon getrennte Flüssigkeit wurde abgedampft und geglüht; wiederum aufgelöst und mit essigsaurer Baryterde versetzt. Filtrirt, abgedampft und geglüht wurden 0,130 Grm. kohlensauren Natrons mit einer geringen Spur von Kali, und durch Schwefelsäure aus der Mengung der kohlensauren Baryterde und Talkerde 0,047 Grm. schwefelsaurer Talkerde erhalten.

Ich erhielt also aus 100 Theilen des Wassers:

Digitized by Google

0,0455 Chlor
0,0258 Schwefelsäure
0,0176 Kalkerde
0,0418 Natron
0,0160 Talkerde

0,0455 Chlor verbinden sich mit 0,0299 Natrium, die übrigbleibenden 0,0016 Natron mit 0,00205 Schwefelsäure. Es würden dann 0,02375 Schwefelsäure mit 0,0169 Kalkerde zu Gyps im Wasser vereinigt seyn, so daſs 0,0007 Kalkerde und 0,016 Talkerde als Bicarbonate im Wasser aufgelöst wären.

In 100 Theilen des Wassers sind also enthalten:

Chlornatrium	0,0754
Schwefelsaures Natron	0,0036
Schwefelsaure Kalkerde	0,0406
Doppelt kohlensaure Kalkerde	0,0018
Doppelt kohlensaure Talkerde	0,0440
Wasser mit einer sehr geringen Menge organischer Substanz	99,8346
	100,0000.

Bei einer Wiederholung dieser Untersuchung mit der mir noch übrig bleibenden weit geringeren Menge des Wassers, nach einer veränderten Methode, erhielt ich aus 100 Th. desselben 0,13 Th. fester Bestandtheile, was in sofern gut mit der ersten Analyse übereinstimmt, als nach dieser (nach Abzug des ganzen Kohlensäuregehalts in der doppelt kohlensauren Talkerde, und des halben in der doppelt kohlensauren Kalkerde) 0,1368 Th. geglühter fester Bestandtheile hätten erhalten werden müssen. Ich erhielt ferner 0,025 Proc. Schwefelsäure, 0,046 Chlorsilber, 0,017 Kalkerde und 0,017 Talkerde.

Mein Bruder hatte in Astrachan eine kleine Flasche des Wassers aus dem Kaspischen Meere in der Eile abgedampft, und die erhaltenen festen Salze mir übergeben. Ich habe auch diese untersucht, aber das Verhältniſs in

Digitized by Google

denselben in so fern ganz verändert gefunden, als sie weniger Schwefelsäure, Kalk- und Talkerde aus dem Grunde enthalten, weil beim Abdampfen sich die kohlensauren Erdsalze, so wie ein großer Theil des Gypses niederschlagen, und nicht gut vom Gefäße getrennt werden konnten. Ich erhielt aus 0,670 Grm. des stark geglühten Salzes, das bei der ersten Einwirkung der Hitze sich schwärzte und schmolz; 0,1275 Grm. Schwefelsäure, 0,2593 Grm. Chlor, 0,0549 Kalkerde, 0,2320 Natron und 0,0500 Talkerde. Diese Bestandtheile waren im geschmolzenen Salze zu folgender Verbindung vereinigt:

Chlornatrium	0,4293
Schwefelsaures Natron	0,0080
Schwefelsaure Kalkerde	0,1322
Schwefelsaure Talkerde	0,0692
Talkerde	0,0265
	0,6652.

Ich habe die Analyse dieses Salzgemenges nur deshalb angeführt, weil dadurch hervorzugehen scheint, daſs vielleicht im Wasser des Kaspischen Meeres ein Theil der Magnesia als Bittersalz enthalten zu seyn scheint. Ich habe aber die Talkerde in der oben angeführten Analyse als mit Kohlensäure verbunden angenommen, und die Kalkerde mit der Schwefelsäure vereinigt, weil es unmöglich ist, durch Schlüsse aus dem Resultate der Analyse zu bestimmen, wie viel von den beiden Erden mit Schwefelsäure und wie viel mit Kohlensäure verbunden waren.

Das Wasser aus dem Theil des Kaspischen Meeres, der in der Nähe des Ausflusses der Wolga sich befindet, ist nach diesen Untersuchungen auſserordentlich arm an festen Bestandtheilen. Das specifische Gewicht des Ostseewassers, da wo dasselbe am wenigsten salzig ist, ist fünf Mal, und zwischen Laaland und Femern mehr als sieben Mal mehr verschieden vom spec. Gewicht des

reinen Wassers, als das des untersuchten Wassers des Kaspischen Meeres.

Auch Eichwald führt in seiner Reise auf dem Kaspischen Meere an, dafs das Wasser in dem nördlichen Theile desselben, 5 Werst von der Vierhügelinsel, also nicht fern von der Stelle, wo mein Bruder das Wasser geschöpft hatte, noch so wenig salzig sey, dafs an dieser Stelle die Corvette, auf welcher er sich befand, zur Weiterreise Trinkwasser einnahm. Erst hinter der reinen Bank unter 45° 8′ N.B., wo die Tiefe des Meeres von 13 Fufs und 2½ Faden allmälig bis auf 10 Faden zunahm, fand er das Meer nach und nach gesalzen und von seiner ihm eigenthümlichen meergrünen Farbe. Bei dem Vorgebirge Tück-Karagan, unter 44° 17′ N.B., fand Eichwald das Wasser von mehr bitteren als salzigen Geschmack, und das Meer scheint an allen übrigen Theilen salzig zu seyn, ausgenommen an den Stellen, wo grofse Flüsse sich in dasselbe ergiefsen, wie beim Ausflufs des Terek und des Ssulak, wo Eichwald das Wasser schmutzig, lehmicht und minder salzig fand.

Das ganze Kaspische Meer ist nicht nur im Norden und Nordosten, sondern an seinem ganzen Ufer mit Salzseen umgeben, die eine so concentrirte Soole enthalten, dafs sich, wie beim Elton-See, durch freiwillige Verdampfung das Salz in dicken Lagen absetzt, so dafs es nur wie dort mit Brechstangen gewonnen zu werden braucht. Diese Salzseen finden sich in grofser Menge auf der westlichen Küste, besonders auf der Halbinsel Abscheron bei Baku (Eichwald erwähnt, dafs sie einen Veilchengeruch verbreiten); aber auch an der ganzen östlichen Küste des Meeres, namentlich am balchanischen Meerbusen, auf der Halbinsel Dardscha und der Insel Tschelekan.

Es ist sehr zu bedauern, dafs die Flaschen, welche Eichwald an verschiedenen Stellen des Kaspischen Meeres mit dem Wasser desselben gefüllt hatte, zerbrochen wurden; denn kein Reisender hat in neuerer Zeit Gele-

genheit gehabt, dieses Meer an so vielen Stellen zu besuchen, wie er.

XV. *Ueber die chemische Zusammensetzung des Thonschiefers; von* Herrmann Frick.

Die chemische Zusammensetzung des Thonschiefers ist bisher noch sehr wenig untersucht worden, und die vorhandenen Untersuchungen haben sehr verschiedene Resultate gegeben. Man ersieht diefs aus folgender Uebersicht der mir bekannt gewordenen Analysen:

eines dünnschiefrigen Thonschiefers von d'Aubuison [1]),
des Thonschiefers von Dunmenifs in Downshire von Stokes [2]),
des Thonschiefers von Gaggenau in Baden von Holtzmann [3]),
des Thonschiefers von Niederselters in Nassau von Wimpf [4]).

	(1)	(2)	(3)	(4)
Kieselsäure	48,6	59,4	64,34	79,17
Thonerde	23,5	17,4	23,90	10,42
Eisenoxyd	11,3	11,6	9,70	6,27
Manganoxyd	0,5	—	—	—
Kalkerde	—	2,1	—	—
Talkerde	1,6	2,2	—	—
Kali	4,7	—	—	—
Kohlenstoff	0,3	—	—	—
Schwefel	0,1	—	—	—
Wasser	7,6	6,4	2,22	2,78
	98,2	99,1	100,16	98,64.

1) *Traité de Géognosie, par* d'Aubuisson, *T. II p.* 97.
2) Handbuch der Mineralogie, von Walchner, Th. 2 S. 51.
3) Ebendaselbst.
4) Ebendaselbst.

Digitized by Google

Sämmtliche Analysen sind, wie es scheint, mit solchen Abänderungen angestellt, welche im Uebergangsgebirge vorkommen, aber die geringe Uebereinstimmung, die sie dessen ungeachtet zeigen, macht es wahrscheinlich, dafs der Thonschiefer kein einfaches Mineral wie Glimmer sey, wofür man ihn oft, wegen des scheinbaren Uebergangs in den Glimmerschiefer, angesehen hat, sondern dafs er vielmehr eine sehr fein eingemengte, nur scheinbar gleichartige Gebirgsart ausmache. — Ich habe deshalb einige Versuche angestellt, um zu sehen, ob sich der Thonschiefer, wie C. Gmelin von dem Phonolith und Basalt, und Berzelius von den Meteorsteinen gezeigt hat, durch Behandlung mit Säuren in einen darin zerlegbaren und in einen unzerlegbaren Bestandtheil trennen lasse, und habe, da mir diefs vollkommen gelungen ist, einige vollständige Analysen mit mehreren Abänderungen von Thonschiefern angestellt.

Jeder Thonschiefer wurde auf eine doppelte Weise untersucht, ein Mal indem ich ihn durch Salzsäure in seine zwei Gemengtheile zerlegte und jeden Theil besonders einer Analyse unterwarf, und dann, indem ich ihn zur Controle als ein Ganzes behandelte und analysirte, wo dann die letztere Analyse mit der, die sich aus der ersteren zusammenstellen liefs, übereinstimmen mufste.

Zuerst werde ich die Methode angeben, deren ich mich bei der letzteren Art der Analysen bediente, da sie die Trennung sämmtlicher Bestandtheile des Thonschiefers erforderte, und dann erwähnen, wodurch die erstere von ihr abwich.

Analyse des Thonschiefers als eines Ganzen.

Der Thonschiefer wurde durch Schmelzen mit kohlensaurem Kali zerlegt, die geschmolzene Masse mit verdünnter Salzsäure digerirt und die Auflösung bis zur vollkommenen Trocknifs abgedampft. Die Kieselsäure wurde

Digitized by Google

darauf von der trocknen Masse auf die gewöhnliche Weise durch Auflösen derselben getrennt. Durch die von der Kieselsäure abfiltrirte Flüssigkeit wurde ein Strom von Schwefelwasserstoff hindurchgeleitet, welcher einen sehr geringen Niederschlag von Schwefelkupfer hervorbrachte, der, weil die Menge desselben zu gering war, nur geröstet, sehr stark geglüht und als Kupferoxyd bestimmt wurde, worauf in der abfiltrirten Flüssigkeit durch Salpetersäure das Eisenoxydul in Oxyd verwandelt wurde. Thonerde und Eisenoxyd wurden darauf durch Ammoniak gefällt, in Salzsäure aufgelöst und die Thonerde durch kaustisches Kali vom Eisenoxyd getrennt. Die alkalische Auflösung wurde sauer gemacht und die Thonerde daraus durch Ammoniak niedergeschlagen. Das vom kaustischen Kali nicht aufgelöste Eisenoxyd wurde in Salzsäure gelöst und durch bernsteinsaures Ammoniak gefällt. Das bernsteinsaure Eisenoxyd wurde geglüht und als Eisenoxyd bestimmt. Die vom bernsteinsauren Eisenoxyd abfiltrirte Flüssigkeit, die kleine Antheile von Magnesia enthielt, wurde der magnesiahaltigen Flüssigkeit hinzugefügt, die ich nach der Absonderung der Kalkerde erhielt. Aus der Flüssigkeit, die ich nach der Fällung der Thonerde und des Eisenoxyds durch Ammoniak bekam, wurde die Kalkerde durch oxalsaures Ammoniak gefällt, der oxalsaure Kalk geglüht und in kohlensauren Kalk umgeändert. Die Magnesia wurde durch phosphorsaures Natron präcipitirt. — Das Alkali konnte bei diesen Analysen nicht bestimmt werden. Der Wassergehalt wurde durch den Gewichtsverlust beim Glühen ermittelt. Da sich indessen bei dem Auflösen des Thonschiefers in Säuren ergab, dafs derselbe stets, wenn auch nur eine geringe Menge, kohlensauren Kalks eingemengt enthielt, so war in diesem Gewichtsverlust, der der Kohlensäure, die ebenfalls beim Glühen entwich, mit inbegriffen; dieser wurde indessen in der zweiten Analyse bestimmt und dann der Wassergehalt berichtigt. Der Gehalt an Kohle, welche in allen

Digitized by Google

von mir untersuchten Thonschiefern enthalten ist, konnte ebenfalls nicht ermittelt werden, jedoch wurde er weiter unten als Verlust in Rechnung gebracht. Beim anhaltend starken Glühen des Thonschiefers im Platintiegel blieb die dunkle Färbung desselben unverändert.

Analyse des Thonschiefers durch Trennung in seine Gemengtheile.

Der geschlemmte Thonschiefer wurde mit mäfsig concentrirter Salzsäure zu wiederholten Malen digerirt und die Auflösung vom Rückstande filtrirt, das noch feuchte Filter mit demselben sodann, um die Kieselsäure des in Säuren zerlegbaren Gemengtheils von dem unzerlegbaren Gemengtheile zu trennen, wiederholt mit einer concentrirten Auflösung von kohlensaurem Natron in einer Platinschale gekocht und heifs filtrirt. Der Rückstand, welcher dieselbe Färbung wie der Thonschiefer hatte, brannte sich beim Glühen weifs, was wohl hinlänglich beweist, dafs die Farbe des Thonschiefers von einer beigemengten organischen Substanz herrühre, und dafs diese nur in den von Säuren unzerlegbaren Gemengtheil enthalten sey. Nachdem das Steinpulver geglüht war, wurde es gewogen, und aus dem Gewicht desselben das Gewicht des durch Salzsäure unzerlegbaren Theils berechnet. Die vom unlöslichen Steinpulver abfiltrirte alkalische Flüssigkeit wurde mit Salzsäure übersättigt, bis zur vollkommenen Trocknifs abgedampft, und die Kieselsäure darauf, wie oben, von der trocknen Masse durch Auflösen derselben in Wasser getrennt. — Die durch Digestion des geschlemmten Thonschiefers mit Salzsäure erhaltene Auflösung wurde mit Schwefelwasserstoff auf Kupfer untersucht, die Gegenwart von Kupferoxyd zeigte sich jedoch in der Auflösung nicht. — Thonerde und Eisenoxyd wurden durch Ammoniak gefällt, und, wie bei der vorigen Analyse, von einander getrennt. Die vom bernsteinsauren Eisenoxyd abfiltrirte Flüssigkeit, die noch einen Theil

Magnesia enthielt, wurde mit phosphorsaurem Natron gefällt. — Die Kalkerde wurde, wie oben, aus der von Eisenoxyd und der Thonerde abfiltrirten ammoniakalischen Flüssigkeit niedergeschlagen. Um die Magnesia und das Alkali in der von der Kalkerde getrennten Auflösung zu bestimmen, wurde die Flüssigkeit bis zur Trocknifs abgedampft, und in einem tarirten Platintiegel so lange schwach geglüht, bis aller Salmiak verflüchtigt war. Es blieben basisch salzsaure Magnesia und Chlorkalium zurück, welche durch Schwefelsäure in schwefelsaure Salze verwandelt wurden. Die Salze wurden darauf gewogen und aufgelöst, die Schwefelsäure wurde durch essigsaure Baryterde gefällt, die Auflösung bis zur Trockne abgedampft und die trockne Masse in einer Platinschale geglüht. Die geglühte Masse, die aus kohlensauren Salzen bestand, wurde mit heifsem Wasser übergossen, kohlensaures Kali löste sich auf und wurde von der unaufgelöst gebliebenen kohlensauren Baryterde und Talkerde abfiltrirt. — Das aufgelöste kohlensaure Kali wurde bis zur Trocknifs abgedampft, die trockne Masse in schwefelsaures Kali umgeändert und gewogen. Die vom Wasser ungelöst zurückgebliebene kohlensaure Baryterde und Talkerde wurde in Salzsäure aufgelöst, mit Schwefelsäure versetzt und die erhaltene schwefelsaure Talkerde von der Baryterde abfiltrirt, zur Trockne abgedampft, geglüht und gewogen. — Das gemeinschaftliche Gewicht des schwefelsauren Kalis und der schwefelsauren Talkerde stimmte alsdann mit dem, das ich vor der Trennung beider erhalten hatte, überein. — Die Gegenwart von Natron konnte ich im schwefelsauren Kali nicht entdecken.

Der in Salzsäure nicht unzerlegbare Gemengtheil wurde, nachdem er von der Kieselsäure des zerlegbaren getrent war, mit kohlensaurer Baryterde heftig geglüht; die Kohlensäure auf bekannte Weise getrennt, die Baryterde sodann durch Schwefelsäure niedergeschlagen, und die

die Analyse sodann auf eine ähnliche Weise wie bei der ersten Analyse fortgeführt.

Die verschiedenen Abänderungen von Thonschiefer, welche ich auf diese Weise analysirt habe, sind:

1) von Goslar am Harz,
2) von Benndorf bei Coblenz,
3) von Lehsten in Thüringen.

Sie sind sämmtlich aus der Uebergangsformation, graulichschwarz durch Kohle gefärbt, dünnschiefrig, und gehören alle zu den sogenannten Dachschiefern. — Das Verhalten vor dem Löthrohr ist bei allen Thonschiefern dasselbe. In der Platinzange gehalten schmelzen sie nur schwer bei strengem Feuer an den Kanten zu einem dunkelgrauen Glase. Im Kolben geben sie Wasser. Mit Soda geben sie ein schwarzes Glas. Von Phosphorsalz werden sie nur schwer angegriffen, schmelzen aber unter Ausscheidung der Kieselsäure zu einem farblosen Glase, das bei der Abkühlung gelblich erscheint. Mit Borax verhalten sie sich eben so, nur dafs beim Abkühlen die Farbe intensiver erscheint.

Eine gröfsere Masse des Thonschiefers von Benndorf in einem Platintiegel geschmolzen, bildete ein dunkelgrünes obsidianähnliches Glas, voller kleiner Höhlungen mit einer braunen Rinde auf der Oberfläche.

I. Analyse des ganzen Thonschiefers.

	Von Goslar.	Von Benndorf.	Von Lehsten.
Kieselsäure	60,03	62,83	64,57
Thonerde	14,91	17,11	17,30
Eisenoxyd	8,94	8,23	7,46
Magnesia	4,22	1,90	2,60
Kalkerde	2,08	0,83	1,16
Kupferoxyd	0,28	0,27	0,30
Wassser u. Kohlens.	5,67	4,66	4,62
Kali u. Verlust	3,87	4,17	1,99
	100,00	100,00	100,00.

Digitized by Google

II. Analyse der Gemengtheile.

A. Durch Behandlung mit Säuren wurden zerlegt:
28,98 Proc. 26,46 23,61
welche bestanden aus:

Kieselsäure	23,01	22,39	22,16
Thonerde	16,19	19,35	21,48
Eisenoxyd	20,19	27,61	27,57
Magnesia	11,60	7,0	8,29
Kalkerde	4,63	2,42	1,26
Kali	1,96	2,37	1,65
Wasser, Kohlensäure und Verlust	22,32	18,86	17,59
	100,00	100,00	100,00.

B. Durch Behandlung mit Säuren blieben unaufgeschlossen:
71,02 Proc. 73,54 76,59.
welche bestanden aus:

		Sauerst. Mengen.		Sauerst. Mengen.		Sauerst. Mengen.
Kieselsäure	74,98	38,95	77,06	40,03	77,68	40,35
Thonerde	14,32	6,68	15,99	7,46	15,74	7,35
Eisenoxyd	4,94	1,37	1,53	0,46	1,22	0,37
Magnesia	1,48	0,57	0,57	0,12	1,32	0,51
Kalkerde	0,78	0,20	0,33	0,09	0,60	0,46
Kupferoxyd	0,36	0,07	0,19	0,03	0,40	0,08
Kali	3,38	0,57	3,94	0,66	3,14	0,53
Kohle u. Verl.	0,26		0,39			
	100,00		100,00		100,10	

Nimmt man an, dafs sämmtlicher in II *A.* gefundener Kalk als kohlensaurer Kalk dem Thonschiefer eingemengt ist, bestimmt man also nach dieser Menge Kalk den Gehalt an Kohlensäure, und zieht diesen von dem Glühverlust in I ab und bestimmt darnach den Wasser-

gehalt, so fällt hiernach die erste Analyse folgendermaſsen aus:

		Sauerst. Mengen.		Sauerst. Mengen.		Sauerst. Mengen.
Kieselsäure	60,03	31,18	62,83	32,64	64,57	33,54
Thonerde	14,91	7,05	17,11	8,45	17,30	8,07
Eisenoxyd	8,94	2,74	8,23	2,52	7,46	2,28
Magnesia	4,22	1,63	1,90	0,73	2,60	1,00
Kalkerde	0,51	0,14	0,24	0,07	0,46	0,12
Kupferoxyd	0,28	0,04	0,27	0,05	0,30	0,06
Wasser	4,45	3,95	4,03	3,58	4,08	3,62
Kali, Verlust u. Kohle	3,87		4,17		1,99	
Kohlensaure Kalkerde	2,79		1,22		1,24	
	100,00		100,00		100,00.	

Die Analysen des durch Säuren aufschlieſsbaren Gemengtheils:

Kieselsäure	23,01	11,95	22,39	11,63	22,16	11,51
Thonerde	16,29	8,44	19,35	9,03	21,48	10,03
Eisenoxyd	20,19	6,46	27,61	8,46	27,57	8,45
Magnesia	11,60	4,49	7,00	2,70	8,29	3,20
Kali	1,96	0,33	2,37	0,40	1,65	0,27
Wasser	15,98	14,20	15,75	14,20	17,31	15,38
Kohlens. Kalk	8,22		4,29		2,25	
	97,25		98,76		100,71.	

Berechnet man nach den Resultaten der Analysen der Gemengtheile die Zusammensetzung des Ganzen, so stellt sich das Verhältniſs der Bestandtheile folgendermaſsen.

Digitized by Google

Kieselsäure	59,92	62,59	64,58
Thonerde	14,89	16,88	17,10
Eisenoxyd	9,03	8,42	7,43
Magnesia	4,42	2,26	2,29
Kalkerde	0,51	0,24	0,16
Kali	2,75	3,31	2,93
Wasser	4,45	4,03	4,08
Kupferoxyd	0,25	0,13	0,30
Kohlensaurer Kalk	2,43	1,22	0,53
Kohle und Verlust	1,35	0,92	0,00
	100,00	100,00	100,00.

Ich habe noch einige Versuche angestellt, um zu ermitteln, ob das Verhältnifs des in Säuren zerlegbaren Gemengtheils zu dem in Säuren unzerlegbaren Theile in jedem Stücke Thonschiefer gleich sey oder nicht, und fand in dieser Hinsicht folgende Verhältnisse bei Stücken Thonschiefer von:

Goslar.	Lehsten.
30,53 : 69,47	25,31 : 74,69
29,73 : 70,27	24,48 : 75,52
28,98 : 71,02	23,61 : 76,39.

In allen diesen Analysen wurde das Eisen als Oxyd angenommen. Bei dem durch Säuren aufschliefsbaren Gemengtheil habe ich mich durch einen directen Versuch davon überzeugt, dafs das Eisen nur als Oxyd in der Verbindung enthalten sey. Der Thonschiefer wurde nämlich mit Salzsäure in einer kleinen Flasche, die mit einem gut schliefsenden Glasstöpsel verschlossen war, aufgelöst. Die Auflösung mit Wasser verdünnt, gab sogleich mit kaustischem Kali den bekannten braunen Niederschlag von Eisenoxyd. — Bei dem durch Säuren unaufschliefsbaren Gemengtheil war diefs durch einen directen Versuch nicht zu bestimmen, doch ist es wahr-

scheinlich, dafs das Eisen auch in ihm als Eisenoxyd enthalten sey.

Aus diesen Analysen ergiebt sich, dafs der Uebergangsthonschiefer von der grofsen Gebirgsformation, welche das rheinische Schiefergebirge und das Uebergangsgebirge im Harz und im Thüringer Walde ausmacht, so wie wahrscheinlich sämmtlicher Uebergangsthonschiefer sich durch Behandlung mit Säuren in zwei, und, wenn man die kleine Menge des eingemengten kohlensauren Kalks dazu rechnet, in drei Gemengtheile zerlegen läfst. Die Zusammensetzung der ersten zwei Gemengtheile ist sich nicht gleich, aber die Bestandtheile sind dieselben und die relative Menge derselben nicht bedeutend verschieden. Eben so ist das Verhältnifs des in Säuren auflöslichen Gemengtheils zu dem in Säuren unauflöslichen bei den drei untersuchten Thonschieferabänderungen nicht gleich, selbst nicht einmal bei verschiedenen Stücken eines und desselben Thonschiefers, aber auch hier sind die Verschiedenheiten nicht sehr bedeutend. Dennoch sind diese Unterschiede grofs genug, als dafs man es wahrscheinlich finden könnte, dafs die Sauerstoffmengen der einzelnen Bestandtheile des Thonschiefers in einem einfachen Verhältnisse ständen. In der That findet man diefs auch nicht, wenn man die Zahlen, die den Resultaten der Analysen beigesetzt sind und den Sauerstoffgehalt der gefundenen Bestandtheile angeben, vergleicht. — Am meisten scheint noch ein solches einfaches Verhältnifs stattzufinden, wenn man die Zusammensetzung des ganzen Thonschiefers betrachtet; hier hat es fast den Anschein, als wäre der Sauerstoff der Kieselsäure drei Mal so grofs als der der Basen, und als enthielte der Thonschiefer neutrale kieselsaure Verbindungen, indessen ist das Verhältnifs der Kieselsäure durchgehends zu grofs, und die Abweichungen sind zu bedeutend, um sie nur Fehlern der Analyse zuzuschreiben. Aus diesem Um-

Digitized by Google

stande würde sich allein schon ergeben, dafs der Thonschiefer der Uebergangsformation kein einfaches Mineral sey, was noch unzweideutiger aus seinem Verhalten gegen Säuren hervorgeht; dafs aber die Zusammensetzung der Gemengtheile, in welche man den Thonschiefer durch Säuren zerlegen kann, auch nicht mit der Lehre der bestimmten Proportionen übereinstimmt, zeigt, dafs der Thonschiefer auch nicht als ein Gemenge von zwei einfachen Mineralien, sondern als ein Product der Zersetzung von andern Gebirgsarten zu betrachten sey; aber die nahe Uebereinstimmung in der Zusammensetzung der Thonschieferabänderungen, die, wie die analysirten, zu einer und derselben Formation gehören, zeigt auch, dafs bei der Bildung dieser Thonschieferabänderungen sehr nahe stehende Umstände stattgefunden haben. — Hieraus folgt indessen nicht, dafs man dieselben Schlüsse auch auf den sogenannten Urthonschiefer auszudehnen habe. Derselbe schliefst sich zu nahe an den Glimmerschiefer an, um nicht anzunehmen, dafs er, wie dieser, reine Glimmermasse oder ein Gemenge von Glimmer und Quarz sey. Dieses auszumachen, erforderte aber eine besondere Untersuchung, die wiederum, ohne eine vollständige Analyse des Glimmerschiefers selbst, nicht zu bewerkstelligen ist.

XVI. *Ueber die Dampfbildung. Aus einem Briefe an den Herausgeber von J. J. Prechtl.*

— Das zweite Heft Ihrer Annalen von diesem Jahre enthält Versuche über die Dampfbildung aus Salzauflösungen, welche darthun, dafs dem Dampfe aus einer siedenden Salzauflösung dieselbe Temperatur (und Elasticität) zukomme, wie dem Dampfe, welcher sich aus dem reinen Wasser unter gleichem Luftdrucke beim Sieden

Digitized by Google

entwickelt. Ich nehme mir die Freiheit zu bemerken, dafs dieses Resultat sich unmittelbar als consequente Folgerung aus der Theorie der Dampfbildung ergiebt, weshalb ich auch bereits in dem Artikel: »Dampf« meiner technologischen Encyclopädie, Bd. III S. 507, dasselbe als Regel angegeben habe, wo es heifst: »Die den in den Tafeln angegebenen Elasticitäten und Dichtigkeiten (der Dämpfe) entsprechenden Temperaturen gehören dem reinen Wasser zu; enthält letzteres Salze aufgelöst, so siedet es, wegen der festeren Verbindung, in welcher sich das Wasser mit dem Salze befindet, bei höherer Temperatur, und zwar um so mehr, je höher dieser Salzgehalt steigt. Siedet z. B. eine solche Flüssigkeit bei 82° R., so haben die Wasserdämpfe, welche sich aus derselben entwickeln, im Augenblicke der Entbindung doch nur die Elasticität (und Temperatur) der Dämpfe aus reinem Wasser bei 80° R. bei gleichem äufseren (atmosphärischen) Drucke. Für 80° R. entwickeln sich also aus einer solchen Flüssigkeit nur Dämpfe von der Elasticität (und Temperatur), wie sie aus reinem Wasser bei 78° R. entstehen. Für verschiedene Flüssigkeiten überhaupt hat Dalton das für practische Anwendungen hinreichend genaue Gesetz aufgestellt, dafs für gleiche Temperaturen über oder unter dem Siedepunkte den Dämpfen aller Flüssigkeiten gleiche Elasticitäten zugehören.« Denn die Temperatur des Dampfes (im Maximo seiner Dichtigkeit) hängt von der Ausdehnung ab, welche er in dem Raume annehmen mufs, in welchen er austritt oder sich verbreitet, folglich von dem Drucke des Dampfes oder der Luft, mit welcher dieser Raum erfüllt ist. Ist ein Dampfkessel z. B. mit Dampf von 90° Réaum. (und der entsprechenden Dichtigkeit und Elasticität) gefüllt, indem das Wasser in demselben bei dieser Temperatur siedet, und es strömt dieser Dampf durch eine Oeffnung in die Atmosphäre aus, so dehnt sich derselbe in dem Augenblicke des Austritts so viel aus, dafs

Digitized by Google

seine Elasticität dem äufseren Drucke entspricht, und seine Dichtigkeit und Temperatur vermindert sich demgemäfs, d. i. bei dem Barometerstande von 28″ tritt der Damp mit der Elasticität von 28″ und der Temperatur von 80° Réaum. aus; bei dem Drucke der Luft von 20″ mit eben dieser Elasticität und der zugehörigen Temperatur von etwa 73° u. s. w. In einer siedenden Salzauflösung mag daher das Wasser welch immer eine hohe Temperatur annehmen, so wird sein Dampf in dem Augenblicke, als er die Flüssigkeit verläfst, keine andere Temperatur und Elasticität haben können, als der Dampf aus reinem Wasser, wenn dieses unter demselben Luftdrucke siedet. Dabei wird natürlich vorausgesetzt, dafs die Dämpfe selbst, die sich aus der Salzauflösöung entwickeln, reine Wasserdämpfe sind, und nicht etwa Dämpfe anderer Art mit sich führen. Die Temperatur der siedenden Salzauflösung hat daher auf die Temperatur des entwickelten Dampfes keinen Einflufs, und diese hängt nur von dem äufseren Drucke ab.

Erfolgt bei der Salzauflösung die Dampfbildung unterhalb der Temperatur des Siedepunktes (bei der Verdunstung), so mufs hier dasselbe Verhalten stattfinden, wie beim reinen Wasser; in diesem Falle ist nämlich die Temperatur (und Elasticität) des Dampfs von dem äufseren Luftdrucke unabhängig, sie hängt dagegen von der Temperatur des Siedepunkts der Flüssigkeit ab; und jene Temperatur des Dampfes mufs sich, wenigstens näherungsweise, nach der Analogie anderer Flüssigkeiten nach der Dalton'schen Regel bestimmen lassen. Siedet z. B. eine Salzauflösung bei 150° C. unter dem gewöhnlichen Luftdrucke, so wird dem Dampfe, welcher sich bei 100° aus dieser Auflösung entwickelt, die Temperatur = 50° und die dazu gehörige Elasticität = 3″,37 zukommen. Denn es ist die Differenz der Siedepunkte zwischen der Salzauflösung und dem Wasser = 50, der Dampf der Auflösung bei 100° ist also derselbe, wie jener des Wassers bei 50°. Man hat die Brauchbarkeit

Digitized by Google

der Dalton'schen Regel verschiedentlich zu bestreiten gesucht; allein ich glaube, dafs die Nichtübereinstimmung bei manchen Versuchen mehr in der zusammengesetzten Beschaffenheit der angewandten Flüssigkeit zu suchen ist. Beim Terpenthingeist z. B. wird der Siedepunkt immer höher, je länger man siedet; es ist daher auch natürlich, dafs hier, zumal in den höheren Temperaturen, keine genügende Uebereinstimmung stattfindet. Beim Schwefelätherdampf wenigstens finde ich die Uebereinstimmung der Versuche mit der genannten Regel ziemlich genügend, wie die nachstehende Tabelle zeigt, wobei der Siedepunkt des Schwefeläthers bei 28″ auf 32° R. angenommen ist.

Temperatur bei 0°.	Elasticität.		Beobachter.
	Beobachtet.	Berechnet.	
9″,78	9″,6 Proc.	9″,56	Ure
12,00	11,56	10,57	Gay-Lussac
14,22	12,20	12,08	Ure
14,5	13,11	12,23	Biot
17	14,0	13,88	Dalton
18,67	15,1	15,08	Ure
23,11	18,8	18,70	-
34,22	30,5	30,78	-
56,89	75,3	74,84	

Die Dalton'sche Regel läfst sich auch in die Formel für die Elasticität des Wasserdampfs einführen, wo dann durch die Veränderung einer ihrer Constanten diese Formel für jede andere Flüssigkeit anwendbar wird. Es läfst sich nämlich das Gesetz für die Wasserdämpfe (a. a. O. S. 507) durch die Formel ausdrücken:

$$\log E = 4{,}9890 - \frac{1621{,}4}{225 + T};$$

wo E die Elasticität des Wasserdampfs in Atmosphären, T die zugehörige Temperatur in C° bezeichnet, und die Constanten nach den Versuchen der französischen Physiker bekannt sind. Bezeichnet nun t die Temperatur

Digitized by Google

des siedenden Wassers bei irgend einem Drucke, t' die Temperatur einer anderen siedenden Flüssigkeit bei demselben Drucke, so wird:

$$log\,E = 4{,}9890 - \frac{1625{,}4}{225 + (t - t') + T'}$$

welche Formel nach dem Dalton'schen Gesetze die Elasticität des Dampfes einer zweiten Flüssigkeit, deren Siedepunkt $= t'$ ist, bei der Temperatur T angiebt. Da für Schwefeläther $t - t' = 60$; so wird also für diese Flüssigkeit: $log\,E = 4{,}9890 - \frac{1621{,}4}{285 + T}$. Für die oben genannte Salzauflösung, die bei 150° C. siedet, wird $t - t' = -50$, folglich der Divisor des zweiten Gliedes $= 175 + T$ u. s. w.

Uebrigens zeigt das physische Gesetz der Dampfbildung (a. a. O. S. 503), dafs die Dalton'sche Regel nur dann genau seyn könne, wenn die Dämpfe, deren Elasticität aus jener der Wasserdämpfe hergeleitet wird, bei ihrer Zusammendrückung um eine bestimmte Gröfse dieselbe Wärmemenge entwickeln, wie die Wasserdämpfe (die Compressionswärme der Gasarten, welche die sensible Wärme der Dämpfe ist). Dafs dieses nun wirklich stattfinde, ist nicht wahrscheinlich, obgleich bei den Dämpfen mehrerer Flüssigkeiten die Unterschiede so gering seyn können, dafs der Fehler wenig merklich wird. Bei den Salzauflösungen tritt im Besonderen der Fall ein, dafs bei denselben keine eigentliche Verdampfung der Flüssigkeit selbst stattfindet, sondern die Verdampfung mit einer chemischen Trennung (des Wassers von dem Salze) verbunden ist, und es wäre daher, sowohl theoretisch als practisch, interessant, wenn Hr. Rudberg, wie er Willens zu seyn scheint, seine Versuche in dieser Hinsicht fortsetzte, um auszumitteln, ob und wie das Dalton'sche Gesetz mit dem Verhalten der Verdunstung solcher Flüssigkeiten zusammenstimmt [1]).

1) Nach der *bisherigen* Theorie der Dampfbildung nehmen wir an, dafs, wenn eine Salzlösung, die z. B. unter dem Luftdruck

Digitized by Google

XVII. *Nachträgliche Beobachtungen in Betreff der optischen Eigenschaften hemiprismatischer Krystalle. Aus einem Schreiben an den Herausgeber vom Prof. E. Neumann.*

— Die Beobachtungen, welche ich Ihnen mittheilte über die Lage der Richtung, nach welcher ein senkrecht auf ein Gypsblättchen fallender Strahl polarisirt seyn mufs, damit er ungetheilt hindurchgehe, liefsen es noch zweifelhaft, ob die dadurch im Gyps bestimmte Richtung wirklich genau zusammenfalle mit der Linie, welche den Winkel der optischen Axen halbirt. Hr. Studiosus Hesse hat auf mein Ersuchen und nach dem von mir angewandten Verfahren (S. 94) durch eine Reihe Beobachtungen den Winkel, welchen die Richtung, nach welcher ein senkrecht auf ein Gypsblättchen auffallender Strahl polarisirt seyn mufs, damit er ungetheilt hindurchgehe, mit dem *fasrigen* Querbruch des Gypses bildet, genauer bestimmt, und dabei die erforderlichen Vorsichten angewandt, um zugleich die jedesmalige Temperatur der Gypsblättchen beobachten zu können. Die Mittel aus jedesmal vier Beobachtungen in den vier Quadranten des Kreises sind:

von 28″ bei 150° siedet, in einer durch eine Flüssigkeit abgesperrten Röhre erhitzt wird, ihr Dampf erst dann dem Luftdruck von 28″ das Gleichgewicht halten könne, wenn er, wie die Lösung, die Temperatur 150° erlangt hat; und wir betrachten jede beim Sieden auf der Oberfläche der Salzlösung entstehende Blase als eine solche abgesperrte Röhre. Ich kann daher der Meinung des geehrten Hrn. Verfassers, als sey das von Hrn. Rudberg beobachtete Phänomen eine *consequente Folgerung* aus der *bisherigen* Theorie, nicht beistimmen, glaube auch, dafs das S. 199 vom Dampfkessel entlehnte Beispiel nicht pafst, denn in den Blasen auf der siedenden Salzlösung hat der Dampf keine (oder eine sehr wenig) gröfsere Elasticität als der Luftdruck, und seine Dichte ist, nach der *bisherigen* Theorie, geringer als die des Dampfs von gleicher Spannkraft aus reinem Wasser; möglich, dafs seine Dichte gröfser wäre, aber diefs kann aus der *bisherigen* Theorie *nicht gefolgert* werden. *P.*

Digitized by Google

12,0 R.	13° 55′
11,6	13 52,5
10,9	13 52,5
11,1	13 56
11,3	13 57
11,7	13 54
11,0	13 57,5
11,1	13 54
11,3 R.	13° 54′,9.

Die Correction des Thermometers bei 11,9 beträgt: −0,2. Aus meinen, Ihnen mitgetheilten Bestimmungen über die Neigung, welche die Linie, die den Winkel der optischen Axen halbirt, gegen den fasrigen Querbruch des Gypses besitzt (S. 91) ergiebt sich diese bei 11,1 R. zu 13° 52′,2. Die Differenz 2′,7 ist so klein, dafs man an ein wirkliches Zusammenfallen dieser beiden Richtungen nicht mehr zweifeln kann.

Zu den beiden schönen Beobachtungen des Herrn Nörrenberg am *Gyps* und *Borax* kann ich jetzt eine dritte am *Adular* hinzufügen, welche von Neuem die Unsymmetrie der optischen Erscheinungen in denjenigen zweiaxigen Krystallen beweist, deren Krystallformen nicht symmetrisch getheilt werden durch drei rechtwinklige Ebenen. Bei allen symmetrischen Krystallen liegen die von Herschel (*Transact.* 1820) sogenannten *virtuellen* Pole in der Ebene der optischen Axen, *beim Adular liegen die virtuellen Pole nicht in der Ebene der optischen Axen*, sondern in einer Ebene, welche die stumpfe Ecke, gebildet von der Ebene der optischen Axen (d. i. nahe des Haupt-Blätterdurchgangs (*P*)) und den beiden Säulenflächen *T*, ein wenig abstumpfen würde. Die verschiedenen Farbenaxen sind also zerstreut über eine Reihe wenig gegen einander geneigter Ebenen, die alle senkrecht gegen die Ebene *M* stehen, von welcher die Krystallform symmetrisch getheilt wird. Die Axen der ein-

Digitized by Google

zelnen Farben haben dabei nahe dieselbe Neigung gegen einander, und hiedurch unterscheidet sich der vorliegende Fall allein von der Erscheinung, welche der Borax zeigt, wo eine ähnliche Zerstreuung der Axen, aber zugleich eine starke Variation ihrer Winkel stattfindet. — Wenn man die Turmalinplatten kreuzt und die Adularplatte so stellt, dafs die Ebene ihrer Axen parallel mit einer der Turmalinaxen ist, so sind die Ringe nicht von einem schwarzen Streifen durchschnitten, sondern von einem gefärbten, roth und blau — und wenn man die Turmalinplatten dreht bis in die parallele Lage, so sind die centralen Farbensegmente nicht symmetrisch in Beziehung auf die Ebene der optischen Axen gefärbt — sie sind 1) überhaupt ungleich gefärbt, und haben 2) beide ihre blaue Seite und ihre rothe Seite in derselben Richtung liegen.

Die Farbenringe im Adular haben in allen von mir untersuchten Platten, und ich habe deren sieben geschliffen, nur an wenigen Stellen Regelmäfsigkeit, an den meisten Stellen der Platten sind sie aufserordentlich verzogen und verzerrt, obgleich diese von ausgezeichneter Klarheit und Durchsichtigkeit waren. Diese Verzerrungen beweisen den gewaltsamen, innerlich gespannten Zustand des Adulars, auch in seinem durchsichtigen Zustande, den man schon aus der grofsen Neigung dieses Minerals sich zu trüben und mit Sprüngen sich zu durchziehen geschlossen hatte.

Digitized by Google

XVIII. *Ueber ein neues Magnetisirungsverfahren; von Hrn. Aimé.*

(*Ann. de chim. et de phys. T. LVII p.* 442.)

Die Entdeckung der durch Vertheilung erregten elektrischen Ströme hat Mittel geliefert, durch zweckmäſsig angeordnete Magnete dieselben chemischen Zersetzungen und Wiederzusammensetzungen hervorzubringen, welche man mit der voltaschen Säule erhält. Diese neuen Apparate erfordern aber, wenn sie wirksam seyn sollen, Magnete von beträchtlicher Stärke; auch sind sie, obwohl bequemer zu gebrauchen als die Säule, selten, weil man schwierig gute Magnete findet. Ich habe es daher für passend gehalten, ein Verfahren bekannt zu machen, das mir bei verschiedenen Proben befriedigende Resultate geliefert hat.

Dieſs Verfahren besteht darin, einem Stahlstab die Härtung und den Magnetismus gleichzeitig zu ertheilen. Um diesen doppelten Zweck zu erreichen, verfuhr ich folgendermaſsen:

Ein Stab von weichem Eisen, gekrümmt zu einem Hufeisen, wurde mit mit Seide besponnenem Messingdraht umwickelt; und die beiden Enden des Drahts wurden mit den Polen einer voltaschen Batterie in Verbindung gesetzt. Hierauf machte ich einen Stahlstab, so lang wie der Abstand der beiden Enden des eisernen Hufeisens, rothglühend, faſste ihn mit einer Zange, hielt die Pole des Hufeisens daran, und tauchte sie nun in eine Wanne mit kaltem Wasser. Eine oder ein Paar Minuten nach der Eintauchung zog ich den Stab vom Hufeisen ab, und wiederholte den Proceſs mit anderen Stäben, die successiv aus dem Feuer genommen wurden.

Um die Benässung des Messingdrahts zu verhüten,

Digitized by Google

hatte ich beim Eintauchen des Apparats die beiden Enden des Schraubendrahts sorgfältig in Wachsleinwand eingewickelt.

Die Enden des Leitdrahts waren an den Zink- und Kupferpol der Batterie gelöthet. Ich hatte einen einzigen Draht angewandt, indeſs kann es vorzüglicher seyn mehre zu einem Bündel zu vereinigen oder selbst einen Kupferstreif, bekleidet mit Seide oder Firniſs, anzuwenden.

Der Stahlstab darf nicht zu schnell vom Hufeisen abgezogen werden; man muſs so lange warten bis das Innere des Stabes eine nicht mehr hohe Temperatur besitzt, damit die Theilchen Zeit haben, sich für die Magnetisirung und die Härtung zweckmäſsig zu ordnen.

Die Dauer der Eintauchung richtet sich nach der Dicke des Stabes und nach der Temperatur, mit welcher er aus dem Feuer kommt. In allen Fällen ist sie sehr kurz.

Verfährt man wie angegeben, so kann man sich leicht beliebig viele Magnetstäbe machen. Es ist für die Verfertigung von Magnetbündeln (magnetische Magazine) und vielleicht von Bussolnadeln ein bequemes Mittel; denn es ertheilt den sehr gehärteten Stahlstäben einen fast eben so starken Magnetismus als den schwach gehärteten [1]).

Auch auf Magneteisenstein läſst sich das eben beschriebene Magnetisirungsverfahren anwenden; nur ist es vielleicht vortheilhafter diesen nicht zu härten [2]).

Beide Methoden sind zu probiren. Jedenfalls ist es wahrscheinlich, daſs der Oxydationszustand an der Oberfläche durch eine hohe Temperatur wenig geändert

1) Wünschenswerth wäre es doch gewesen, wenn Hr. Aimé den auf diese und auf die gewöhnliche Weise in Stahlstäben von gleicher Beschaffenheit erregten Grad von Magnetismus vergleichend gemessen hätte; denn nur dann lieſse sich über das Vortheilhafte des von ihm angewandten Verfahrens entscheiden. *P.*

2) Läſst er sich denn härten? *P.*

wird, vor allem, wenn man Vorsichtsmafsregeln, wie sie leicht zu erdenken sind, anwendet, um den Sauerstoff der Luft abzuhalten.

XIX. *Ueber den bleibenden Magnetismus des weichen Eisens.*

Die bekannte Eigenschaft eines sogenannten Elektromagneten von weichem Eisen, nach der Unterbrechung des ihn in einem Schraubendraht umkreisenden elektrischen Stroms, noch bedeutende Lasten zu tragen, so lange nur nicht sein Anker abgerissen wird, hat Hrn. Watkins Veranlassung gegeben, über diesen Gegenstand eine Reihe von Versuchen zu unternehmen. Dabei hat er unter andern gefunden, dafs das weiche Eisen dieselbe Eigenschaft zeigt, wenn man es, in Hufeisenform und mit einem Anker von weichem Eisen versehen, auf die gewöhnliche Weise durch Streichen magnetisirt, sey es mittelst eines Elektromagneten oder eines Stahlmagneten. Er erklärt diesen bleibenden Magnetismus, der auch bei vorheriger Einschiebung eines Glimmerblatts eintritt, durch gegenseitige Einwirkung der beiden Magnete, des Hufeisens und seines Ankers.

Als er zwei Hufeisen mit ihren Enden an einander legte und das eine zu einem Elektromagneten machte, hatten die sich berührenden Enden gleiche Polarität, so lange der elektrische Strom unterhalten ward, dagegen entgegengesetzte Polarität, so wie er diesen Strom unterbrach. (*Phil. Trans.* 1833, *pt. II p.* 333.)

Digitized by Google

1835. ANNALEN №. 6.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XXXV.

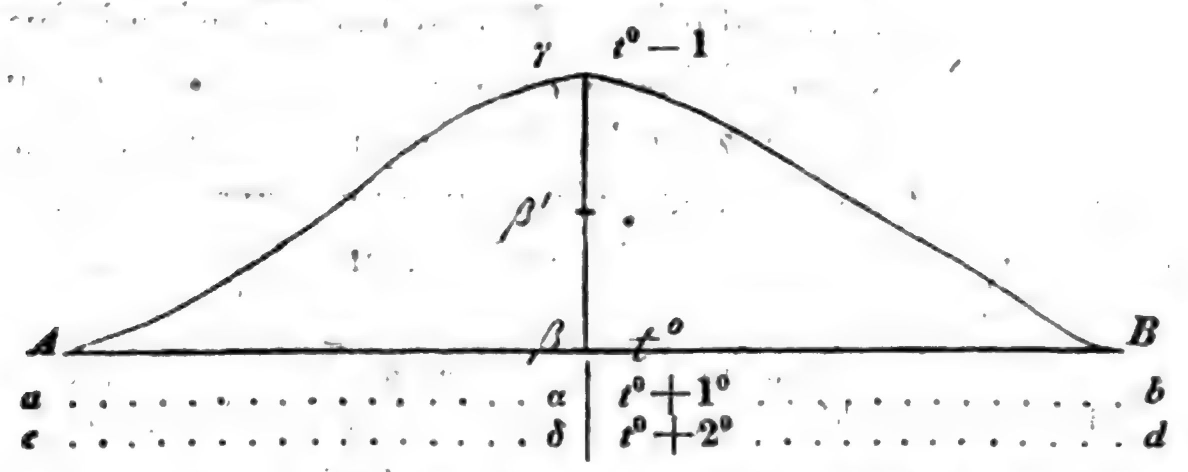
I. *Ueber das Gesetz der Temperaturzunahme nach dem Innern der Erde*[1]; *von Gustav Bischof*

Diese Annalen, so wie Gilbert's Annalen haben so viele Thatsachen über die Temperaturzunahme nach dem Innern der Erde zusammengestellt, dafs es ganz überflüssig ist über das Phänomen selbst etwas weiter beizubringen. Was aber die Progression selbst betrifft, so liefern die bisherigen Beobachtungen so überaus verschiedene Resultate, dafs man selbst verzweifeln möchte, jemals ein Gesetz aufzufinden. Wenn man indefs alle bisherigen Data einer Kritik unterwirft, so gelingt es in der That, Resultate zu erhalten, welche eine so genaue Uebereinstimmung zeigen, als man nur erwarten kann. Ich habe mich bemüht, in meiner, in einem früheren

1) Vorstehende Abhandlung macht, ihrem Inhalte nach, einen Theil eines Werkes aus, welches der geehrte Herr Verfasser unter dem Titel: »*Die Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers, ein vollständiger Inbegriff aller mit der Wärme in Beziehung stehenden Erscheinungen in und auf der Erde, nach physikalischen, chemischen und geologischen Untersuchungen*,“ noch im Laufe dieses Jahres bei dem Verleger dieser Annalen erscheinen lassen wird. Bei der wohlbekannten Umsicht und Sachkenntnifs des geehrten Hrn. Verfassers dürfen wir um so eher erwarten, nur Gereiftes von ihm zu erhalten, als derselbe die Gegenstände dieses Werks schon einmal, wenn gleich weit minder umfassend und vollständig, in seiner i. J. 1833 von der Harlemer Societät gekrönten Preisschrift mit Erfolg behandelt hat. Wir können uns daher das Vergnügen nicht versagen, das Publicum im Voraus auf diese lehrreiche und einen Schatz von eignen Beobachtungen enthaltende Zusammenstellung aufmerksam zu machen. P.

Aufsatze [1]), angeführten Preisschrift zu zeigen, dafs aufser den zufälligen Einflüssen auf die in Gruben angestellten Beobachtungen auch wesentliche Umstände influiren. Die zufälligen sind, aufser den schon mehrmals erörterten, welche herrühren von der Anwesenheit der Bergleute, der Grubenlichter etc., die Tagewasser, die aus gröfserer Tiefe aufsteigenden Thermen, das Niedersinken kalter Luft durch Schächte, das Aufsteigen erwärmter Luft durch Stollen, das Klima, das ungleiche Wärmeleitungs-Vermögen der Gebirgsarten etc. Zu den wesentlichen Einflüssen gehören die Configuration der Erdoberfläche und die geographische Breite des Orts, wo die Beobachtungen stattfinden.

Ich erlaube mir hier blofs einige Bemerkungen in Beziehung auf die von der Configuration der Erdoberfläche abhängigen Einflüsse mitzutheilen.



Es sey AB ein Theil der Erdoberfläche, deren mittlere Bodentemperatur gleich t^0 R., ab und cd seyen parallele Zonen, deren Temperatur t^0+1^0 und t^0+2^0. Durch irgend ein Ereignifs entstehe auf AB ein Berg, dessen Gipfel die mittlere Bodentemperatur t^0-1^0 habe. Da nach den bisherigen Beobachtungen die Linie $\beta\gamma$ ungefähr sechs Mal so grofs ist als die Linie $\alpha\beta$, so wird, ein gleiches Wärmeleitungsvermögen in der ganzen Ausdehnung von α nach γ vorausgesetzt, der Punkt β nach γ hinrücken. Bildet der Berg einen senkrechten Absturz, so wird der Punkt β, unter der Voraussetzung, dafs die Temperaturabnahme in der Atmosphäre nach ei-

1) S. 161 des vorigen Hefts.

ner arithmetischen Reihe erfolge, in die Mitte zwischen α und γ, nach β', fallen; je weniger steil aber der Berg ist, desto mehr wird dieser Punkt von der Mitte abstehen. Ist wiederum das Wärmeleitungsvermögen in der ganzen Ausdehnung von δ nach β' gleich, so wird ebenfalls der Punkt α hinaufrücken, und es gilt von dem Punkte α ganz dasselbe, was von dem Punkt β' gilt etc. So sieht man also, daſs alle Punkte gleicher Wärme in einem Berge Curven besitzen, die um so mehr sich krümmen, je näher sie dem Berggipfel liegen, nach unten aber immer flacher werden, bis sie endlich in gewissen Tiefen mit geraden Linien coincidiren.

Hieraus folgt nun, daſs die Temperaturzunahme im ebenen Lande oder in Thälern am schnellsten, auf Bergen hingegen langsamer, und zwar um so langsamer erfolgen werde, je steiler sie sind. Der numerische Ausdruck für die Temperaturzunahme nach dem Innern ist also unendlicher Abstufungen fähig. Das Maximum, die schnellste Temperaturzunahme, ist in ausgedehnten Ebenen oder in Thälern zu finden, das Minimum ist gleich der Temperaturzunahme der Atmosphäre *von oben nach unten*. Diese Verhältnisse werden sich in höheren Breiten etwas modificiren, wenn die Abnahme der Bodentemperatur nicht genau mit der der Lufttemperatur harmoniren sollte. Wir haben hingegen alle Gründe, beide in niederen Breiten für ganz identisch zu nehmen. Ich habe mir die Mühe gegeben, aus den Bodentemperatur-Beobachtungen, welche Boussingault zwischen 11° N. Br. und 5° S. Br. in den *Cordilleren* in Höhen von der Meeresfläche bis zur Schneegränze, an nicht weniger als 128 Orten, angestellt hat [1]), mittlere Resultate über die dortige Abnahme der Bodentemperatur zu berechnen.

1) *Annal. de chim. et de phys. T. LIII p.* 225. — Diese Bestimmungen der mittleren Bodentemperatur waren in jenem Erdstrich, in welchem die äuſseren Temperatur-Veränderungen in so enge Gränzen eingeschlossen sind, ganz einfach. B. senkte die Ther-

14 *

Digitized by Google

Theilt man die ganze Höhe von der Meeresfläche bis zum Gletscher des *Antisana*, 16805 F. über ihr, in vier Theile, so dafs auf jeden Theil 32 Beobachtungen fallen, so findet man im Mittel:

von der Meeresfläche bis zu Fufs Höhe	eine Temperaturabnahme von 1° R. auf Fufs Höhenunterschied.
0 — 2262	699
2318 — 5260	671
5297 — 8129	698
8160 — 16805	670
0 — 16805	677.

Diese Resultate stimmen unter einander so nahe, dafs man wohl berechtigt ist anzunehmen, dafs unter den Tropen die Erdkruste von der Meeresfläche bis nahe an die Schneegränze eine stetige Temperaturabnahme zeige; nur in der Nähe der Schneegränze scheint sie etwas langsamer, jenseits derselben aber wieder normal zu werden.

Das Mittel aus allen Beobachtungen = 677 Fufs übertrifft das von Hrn. von Humboldt aus seinen Beobachtungen über die Abnahme der Lufttemperatur unter den Tropen gezogene Mittel nur um 23 Fufs.

Aehnliche Beobachtungen über die Abnahme der Bodentemperatur in höheren Breiten anzustellen hat seine Schwierigkeit, weil man hier, wegen des weit gröfseren Umfangs der jährlichen Temperaturveränderungen, nicht in so geringer Tiefe, wie unter den Tropen, eine constante Erdtemperatur findet. Beobachtungen, welche ich seit August vorigen Jahres über die Abnahme der Bodentemperatur auf dem benachbarten *Siebengebirge* monatlich anstelle, theils durch unmittelbare Beobachtungen der Bodentemperatur, theils durch die der Quellen, scheinen mir einen Weg gezeigt zu haben, wie auch in unseren Breiten genügende Resultate erhalten werden kön-

mometer blofs 12 Zoll tief unter Bedachung in den Erdboden; denn in dieser Tiefe ist dort die Bodentemperatur schon constant.

Digitized by Google

nen. Ich kann mich jedoch hierüber erst näher äufsern, wenn ich auf künftigen August die einjährige Reihe dieser Beobachtungen vollendet haben werde. Sollte, wie ich hoffe, der von mir eingeschlagene Weg genügende Resultate geben, so gedenke ich im August diese Beobachtungen in den Alpen bis zu gröfseren Höhen, bis zur Schneegränze auszudehnen.

Eine Reihe ähnlicher Beobachtungen verdanken wir Hrn. Forchhammer auf den *Färöern* [1]). Derselbe fand, dafs daselbst die Quellentemperaturen eine ziemlich regelmäfsige Abnahme mit der Höhe beobachten; jedoch kommen häufige Ausnahmen von wärmeren Quellen vor. Nach der Temperatur der Quellen an der Meeresfläche und in 2460 F. über ihr zu schliefsen, kommt dort auf 1° R. Temperaturabnahme ein Höhenunterschied von 643 Fufs. Es ist nur Schade, dafs Hr. Forchhammer nicht angiebt, welche Fufse er gemeint hat; denn einmal spricht er von rheinländischen, ein ander Mal von englischen Fufsen. Abstrahiren wir hievon, so würde zwischen diesem Resultate und dem von Boussingault gefundenen keine grofse Differenz stattfinden. Uebrigens darf man nicht vergessen, dafs aus Quellentemperaturen allein keine sicheren Resultate über die Temperaturabnahme abgeleitet werden können, weil Gebirgsquellen, namentlich auf steil ansteigenden Bergen, wie bei denen auf den Färöern, selten die Temperatur des Orts ihres Hervorkommens anzeigen, sondern Kälte aus gröfseren Höhen herabbringen. Daher kommt es auch ohne Zweifel, dafs die Temperatur der an tieferen Punkten auf den Färöern entspringenden Quellen eine viel schnellere Temperaturabnahme geben.

Nach dieser Abschweifung kehre ich wieder zur Temperaturzunahme nach dem Innern der Erde zurück. Das oben aus theoretischen Betrachtungen gefolgerte Resultat, dafs im ebenen Lande oder in Thälern die schnellste,

1) Karsten's Archiv für Mineralogie etc. Bd. II S. 199.

Digitized by Google

auf Bergen hingegen die langsamste Temperaturzunahme gefunden werden müsse, scheint durch die bisherigen Beobachtungen wirklich bestätigt zu werden.

Unter den vielen bis jetzt in Bergwerken angestellten Temperaturbeobachtungen verdienen nur diejenigen Berücksichtigung, welche in Grubenwassern angestellt wurden, sofern es sich darum handelt, die Progression der Temperaturzunahme auszumitteln; denn bei Grubenwassern verschwinden die zufälligen Einflüsse gröfstentheils. Dahin gehören die in diesen Annalen [1]) mitgetheilten Beobachtungen von Fox in *Cornwallis* und von Philipps zu *Monk-Wearmouth*, bei Newcastle, und ganz besonders die Beobachtungen Reich's [2]) in einer Grube in der Nähe von *Freiberg* in einer Tiefe von 861 Fufs. Daselbst wurden nämlich des Bergbaues wegen Wasserzugänge, die in der Minute mehrere Fufs geben, mittelst eines Keilverspünders verschlossen. Derselbe bestand aus 6 Fufs langen keilförmigen Holzstükken, die sowohl gegen einander als gegen die zugehauenen Streckenwände so genau schlossen, dafs, ungeachtet eines Druckes von 18 Atmosphären, eine sehr geringe, am 20. März 1833 nur 0,326 Cubikfufs in einer Stunde betragende, Wassermenge hindurchdrang. Auf diese Weise wurde ein 62 F. langer, 6 F. hoher und 3 F. breiter Raum abgesperrt, und mit Wasser angefüllt, das fast gar nicht mit der Strecke communicirte. Reich untersuchte die Temperatur dieser Wassermasse mit aller Sorgfalt am 30. Septemb. 1832 und am 20. März 1833. Diese Zeiten wurden deshalb gewählt, weil, wenn ein Einflufs der Jahreszeiten bemerkbar seyn sollte, er ungefähr an diesen Tagen am auffallendsten seyn mufste.

1) Bd. XXI S. 171 und Bd. XXXIV S. 191.

2) Beobachtungen über die Temperatur des Gesteins in verschiedenen Tiefen in den Gruben des sächsischen Erzgebirges in den Jahren 1830 bis 1832 etc. Freiberg 1834. S. 134.

Digitized by Google

Am 30. Sept. fand er durch fünf völlig übereinstimmende Beobachtungen die Temperatur des Wassers 13°,18, und am 20. März durch ebenfalls fünf völlig übereinstimmende Beobachtungen 13°,14. Die Differenz von 0°,04 liegt noch innerhalb der Beobachtungsfehler. Es ist gewifs, dafs diese eingeschlossene Wassermasse die Temperatur des umgebenden Gesteins angenommen haben mufste, und noch Reich's gründlicher Beleuchtung aller Umstände können nur geringe äufsere Einwirkungen stattgefunden haben, welche die Temperatur des eingeschlossenen Wassers blofs etwas erniedrigen konnten. Aus diesen Beobachtungen berechnet Reich eine Temperaturzunahme von 128,5 F. Par. auf 1° R., eine bedeutend schnellere Zunahme, als das aus den Grubentemperatur-Beobachtungen im *Erzgebirge* abgeleitete Mittel. Dadurch rechtfertigt sich die Vermuthung Reich's, dafs die Gruben nach und nach durch die eindringende kalte Luft und durch kalte Tagewasser erkältet werden.

Ich betrachte dieses Resultat als ein Normalresultat für eine Gebirgsgegend. Ihm entgegenstehend ist das, aus den kürzlich in einem Bohrloche zu *Pregny*, ungefähr 1 Meile von *Genf*, angestellten Beobachtungen gezogene, Resultat, welches auf gleiche Genauigkeit Anspruch macht, zu betrachten. Dieses Bohrloch wurde bis zu einer Tiefe von 682 F. getrieben, in der Absicht einen artesischen Brunnen zu erbohren. Gerade das Mifslingen dieses Zwecks war den Temperaturbeobachtungen äufserst günstig; denn das Bohrloch füllte sich blofs mit einem Schlamm an, der vorzüglich in der Nähe des Tiefsten mehr eine befeuchtete Erde, als Wasser war. Es konnten also hier weder aufsteigende noch niedergehende Wasserströmungen, und natürlich eben so wenig Luftströmungen stattfinden. De la Rive und Marcet stell-

1) Aug. de la Rive *et* F. Marcet in den *Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève*. *T. VI Part.* 1 *et* 2 *p.* 503.

Digitized by Google

ten auch ihre Temperaturbeobachtungen in 15 verschiedenen Tiefenpunkten mit einer solchen Sorgfalt und mit solcher Umsicht an, und erhielten auch solche übereinstimmende Resultate, dafs wir dieselben ebenfalls als Normalresultate für eine von hohen Bergen eingeschlossene Thalgegend betrachten können. Ihnen zu Folge nimmt die Temperatur von 100 Fufs Tiefe (bis zu welcher die Temperatur auf 8°,75 R. sich erhält) bis zu 680 F. Tiefe *in geradem Verhältnisse* mit der Tiefe zu, und diese Zunahme beträgt für jeden Grad 114,8 Fufs.

So scheint sich denn die aus theoretischen Betrachtungen gezogene Folgerung, dafs in ebenen Ländern, oder in tief eingeschnittenen Thälern die schnellste, in Gebirgsgegenden die langsamste Temperaturzunahme stattfindet, durch die Resultate der Beobachtungen auf dem *Erzgebirge* und zu *Genf* zu bestätigen.

Es mag nicht überflüssig seyn, an diese Resultate die in anderen Gegenden erhaltenen, ebenfalls auf grofse Genauigkeit Anspruch machenden zu reihen.

	Es kommt auf 1° Temperaturunterschied eine Zunahme der Tiefe von:
1) Erzgebirge, aus eingeschlossenen Wassern bestimmt	128,5 Fufs
2) Monk-Wearmouth, bei Newcastle aus hervorquellendem Salzwasser bestimmt	125,4 -
3) Genf, nach Beobachtungen in einem Bohrloch	114,8 -
4) Cornwallis, nach Beobachtungen eingeschlossener Wasser	111 -
5) Cornwallis, nach Beobachtungen von unterirdischen Quellen	115 -
6) Rüdersdorf, nach Beobachtungen aufsteigender Quellen in einem Bohrloche	114 -

Digitized by Google

Die so nahe Uebereinstimmung zwischen 1 und 2, und zwischen 3, 4, 5 und 6 lassen schließen, daſs die Verhältnisse, welche auf die Temperaturzunahme nach dem Innern der Erde influiren, namentlich die Configuration der Erdoberfläche an den beiden ersten Orten, und eben so an den vier letzten, nahe gleich seyn mögen. Die so völlige Uebereinstimmung zwischen *Genf* und *Rüdersdorf* ist besonders merkwürdig, da jener Ort in einem tief eingeschnittenen, und von hohen Bergen umgebenen Thale, dieser auf einer ausgedehnten, nur durch unbedeutende Hügel unterbrochenen Ebene liegt [1]). In der Regel ist es aber wohl ein vergebliches Bemühen, aus der Temperatur der artesischen Brunnen die Gröſse der Temperaturzunahme nach dem Innern bestimmen zu wollen, wie Spasky [2]) und Kupffer [3]) versucht haben. Die von denselben erhaltenen Resultate, 46 bis 83 Fuſs Tiefenunterschied auf 1° R. Temperaturunterschied, thun auch dar, daſs die Tiefe der Bohrlöcher, deren Temperaturbeobachtungen sie zum Grunde gelegt haben, nicht die tiefsten Punkte des Quellenlaufes anzeigen, sondern daſs diese Quellen aus gröſseren Tiefen aufsteigen, und eine höhere Temperatur mitbringen, als sie dem Tiefsten der Bohrlöcher zukommt. Für die Wärmelehre des Innern der Erde ist es gewiſs von groſser Wichtigkeit, in höheren Breiten die Tiefe, bis zu welcher die äuſseren Temperatureinflüsse dringen, eben so genau zu bestimmen, als sie Boussingault unter den Tropen bestimmt hat. So viel wissen wir, daſs diese Tiefe abhängt: 1) von

1) Der Hr. Herausgeber dieser Annalen macht freilich die Bemerkung, daſs zu Rüdersdorf die Temperatur von Wasser bestimmt wurde, welches vielleicht aus noch gröſserer Tiefe herstammen möchte. Sollte diese Vermuthung gegründet seyn, so würde freilich eine etwas zu schnelle Temperaturzunahme gefunden worden seyn.

2) Diese Annalen, Bd. XXXI S. 365.

3) Diese Annalen, Bd. XXXII S. 284.

Digitized by Google

dem Umfange der thermometrischen Variationen der Lufttemperatur des Orts, je geringer dieser Umfang, desto kleiner jene Tiefe, und umgekehrt; 2) von der Wärmeleitungsfähigkeit der Erd- und Steinschichten der Erdkruste. Jener steht im Zusammenhang mit der geographischen Breite und mit der Höhe über dem Meere, je näher dem Aequator und je höher über dem Meere, desto geringer wird im Allgemeinen der Umfang der thermometrischen Variationen seyn. Dieser knüpft sich natürlich nur an locale geognostische Verhältnisse.

Wir haben oben gesehen, dafs, nach Boussingault's Beobachtungen unter den Tropen, dort die äufseren Temperatureinflüsse kaum 1 Fufs tief eindringen. Nach den Angaben de Saussure's, Arago's, d'Aubuisson's und Kupffer's erstreckt sich diese Tiefe in höheren Breiten bis zu 25 und 77 Fufs. In dem nördlichen *Sibirien* scheint sie sich bis über 90 Fufs hinabzuziehen, indem selbst noch in dieser Tiefe das Erdreich gefroren gefunden wurde [1]).

So leicht die Ermittlung dieser Tiefe unter den Tropen ist, so schwierig ist sie in höheren Breiten, da in Brunnen, Schächten und Höhlen es kaum möglich ist, die äufseren Temperatureinflüsse ganz zu beseitigen, die Versenkung von Thermometern in festes Gestein oder in die Erde bis zu gröfseren Tiefen und ihre Beobachtung kaum ausführbar ist. Arago fand den Stand eines Thermometers, 25 F. unter *Paris*, noch nicht constant. Ja selbst in 86 F. Tiefe beträgt die jährliche Variation noch $\frac{1}{32}$° R. Beobachtungen an Thermometern, die in verschiedenen Tiefen zu *Paris* am 20. Juli 1825 [2]) in das Erdreich versenkt wurden, lassen jedoch schliefsen, dafs die directen äufseren Temperatureinflüsse, d. h. diejenigen, welche unabhängig von der Luft sind, sich nicht viel

1) Diese Annalen, Bd. XXVIII S. 631.

2) *Annal. de chim. et de phys. T. XXX p.* 398.

Digitized by Google

über 25 F. erstrecken. Nach den in verschiedenen *preufsischen* Bergwerken angestellten Temperaturbeobachtungen [1]) können schon in der mäfsigen Tiefe von 27 Fufs die äufseren Temperatureinflüsse dem Verschwinden nahe kommen, unter minder günstigen Umständen können sie aber in derselben Tiefe, ja selbst noch in Tiefen von 55 bis 63 F. mehr oder weniger bedeutend einwirken. Aehnliche Resultate geben die in Gruben des *sächsischen Erzgebirges* mit der gröfsten Sorgfalt angestellten Temperaturbeobachtungen [2]), obgleich die Thermometer 40 Zoll tief in Bohrlöcher im Gestein eingesenkt wurden.

So viel kann man mit Gewifsheit annehmen, dafs die Linien, welche die Gränze der äufseren Temperaturverhältnisse bezeichnen, Curven bilden, die unter dem Aequator bis zu einer Tiefe von kaum 1 Fufs die Erdoberfläche berühren, mit Zunahme der geographischen Breite sich aber immer tiefer hinabziehen. Diese Curven bilden also ein Sphäroïd, welches noch etwas mehr abgeplattet ist, als unsere Erde. Die Annahme Kupffer's [3]) ist aber gewifs nicht richtig, dafs alle Punkte der Erdoberfläche, in welchen die gröfste Aenderung der äufseren Temperatur 0°,16 R. beträgt, sich in derselben Tiefe befinden, welches auch die Aenderungen seyen, die die Temperatur an der Oberfläche selbst erleidet.

Ich habe eine Vorrichtung getroffen, um für die geographische Breite meines Wohnorts die Tiefe zu ermitteln, bis zu welcher die äufseren Temperatureinflüsse dringen. Ich habe nämlich in der Nähe meiner Wohnung

1) Diese Annalen, Bd. XXII S. 520.

2) A. a. O. Wie schnell die Luft selbst bis zu einer Tiefe von 40 Zoll in das Gestein wirkt, darüber theilt Reich sehr interessante Beobachtungen mit. Siehe S. 9, 26 und an mehreren anderen Orten.

3) Diese Annalen, Bd. XXXII S. 270.

Digitized by Google

auf freiem Felde einen Schacht von 24 Fuſs Tiefe und 3½ Fuſs Durchmesser abteufen und ausmauern lassen. Nachdem die einige Fuſs mächtige Dammerde durchsunken war, kam man auf Sand, der das ganze *Rheinthal* ausfüllt, und in diesem Sande ist der Schacht abgeteuft worden. Nach der Lage des Orts war in dieser Tiefe kein Seihwasser zu erwarten, und glücklicherweise hat sich auch keins gefunden. In diesen Schacht werden in Tiefen von 6, 12, 18 und 24 F. guſseiserne hohle Cylinder von 8 Zoll Höhe und Durchmesser, auf welche eiserne Deckel wasserdicht aufgeschraubt werden, eingesetzt, und in je eines dieser Gefäſse zwei Bleiröhren ohne Naht von 1 Zoll Dicke wasserdicht eingeführt, so daſs sie bis zur Erdoberfläche herausragen. Die eine dieser Röhren (die Wasserröhre) geht bis auf den Boden des Cylinders, die andere (die Luftröhre) nur eben durch den Deckel. Hierauf wird der Zwischenraum zwischen den acht Bleiröhren und zwischen den vier Cylindern ganz mit Sand ausgefüllt, und oben eine Lage Lehm zur Abhaltung der Meteorwasser auf den Sand gebracht.

Mit Hülfe dieser Vorrichtung werden nun die Temperaturbeobachtungen der Erde in den Tiefen von 6, 12, 18 und 24 Fuſs auf folgende Art bewerkstelligt. Durch die Bleiröhren füllt man die eisernen Gefäſse mit Wasser. Nach mehreren Tagen, wenn man mit Gewiſsheit annehmen kann, daſs das Wasser die Temperatur der Umgebungen angenommen hat, schraubt man an die Luftröhre eine Compressionspumpe, und hebt mittelst der dadurch comprimirten Luft das Wasser durch die Wasserröhre heraus, um seine Temperatur zu beobachten. Da in einem dicken Strahl schnell flieſsendes Wasser erst auf längerem Wege seine Temperatur merklich verändert, wenn die Umgebungen eine sehr verschiedene Temperatur haben, so wird das ausflieſsende Wasser die unveränderte Temperatur der Tiefe, in welcher es sich befand, mitbringen. Man ist übrigens im Stande, sich

durch eine unmittelbare Beobachtung hievon zu überzeugen, wenn man, ehe der Schacht mit Sand ausgefüllt wird, die Temperatur des ausfließsenden und des im Gefäfse befindlichen Wassers gleichzeitig bestimmt.

Da auf die beschriebene Weise weder Luft noch Wasser von der Oberfläche zu den Stellen in die Erde dringen können, wo die Temperatur beobachtet wird, so werden die Temperaturen frei von diesen störenden Einflüssen als reine Resultate der Wärmeleitungsfähigkeit der Erdschichten, und mithin die Tiefen gefunden werden, bis zu welchen die äufseren Temperatureinflüsse dringen [1]).

Das erste Gefäfs in 24 F. Tiefe habe ich bereits eingesetzt. Beide Röhren wurden mit Wasser angefüllt, das jedoch seit zwei Tagen etwas gesunken ist. Ehe sich der Apparat nicht vollkommen wasser- und luftdicht bewährt hat, werde ich nicht fortfahren. Diese Beobachtungen gedenke ich einige Jahre lang, wenigstens monatlich einmal fortzusetzen, und von Zeit zu Zeit die Resultate zur öffentlichen Mittheilung zu bringen. Es ist überflüssig zu bemerken, dafs aufser dem eigentlichen Zweck des Unternehmens auch noch der Nebenzweck erreicht werden wird, aus der jährlichen Veränderungs-Skale der Temperatur, wie man sie in den oberen Teufen finden wird, und aus der der Quellen in der Nachbarschaft, die ich gleichzeitig beobachte, die Tiefe des Ursprungs der letzteren zu ermitteln.

1) Da die comprimirte Luft, welche das Wasser herausprefst, nur die Oberfläche des zuletzt ausfliefsenden Wassers berührt, so kann, wenn auch eine noch so grofse Temperaturdifferenz zwischen der drückenden Luft und dem Wasser statt finden sollte, doch kein merklicher Einflufs auf die Temperatur des letzteren gedacht werden.

Digitized by Google

II. *Achte Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektricität; von Hrn. Michael Faraday.*

(Schlufs.)

II. Ueber die zur Elektrolysirung nothwendige Intensität.

966) Zum Verständnifs mancher Umstände bei der voltaschen Action wurde erfordert, wo möglich entscheidend zu bestimmen, ob Elektrolyte der Wirkung eines elektrischen Stroms unterhalb einer gewissen Intensität widerstehen können? — ob die Intensität, bei welcher der Strom zu wirken aufhört, gleich sey für alle Körper? — und ob die so der Elektrolysirung widerstehenden Körper, nachdem sie aufgehört den elektrischen Strom als Elektrolyte zu leiten, denselben nach Art der Metalle leiten oder sich als vollkommene Isolatoren verhalten?

967) Aus den (904. 906.) beschriebenen Versuchen ist einleuchtend, dafs verschiedene Körper mit sehr verschiedener Leichtigkeit zersetzt werden, und dafs sie anscheinend zu ihrer Zersetzung Ströme von verschiedener Intensität erfordern, indem sie einigen widerstehen, andern unterliegen. Allein es war nothwendig, durch sehr sorgfältige und besondere Versuche auszumachen, ob ein Strom wirklich durch einen Elektrolyten gehen könne, ohne ihn zu zersetzen (910).

968) Es wurde die Vorrichtung, Fig. 12 Taf. I, gemacht, bestehend aus zwei Glasgefäfsen mit verdünnter Schwefelsäure vom specifischen Gewicht 1,25. Die Platte *Z* war amalgamirtes Zink, verbunden durch den Platindraht *a* mit der Platinplatte *e*. Der Platindraht *b* verband die beiden Platinplatten *PP'*, und der Platindraht *c* safs an der Platinplatte *P"*. Auf die Platte *e* war ein

Digitized by Google

mit Jodkalium-Lösung befeuchtetes Papier gelegt. Der Draht *c* war so gebogen, dafs man ihn nach Belieben mit seinem Ende auf diesem Papiere ruhen, und dann durch die Jodabscheidung den etwaigen Durchgang eines Stroms angeben, oder, nachdem er in die punktirte Lage gebracht, in directe Verbindung mit der Platinplatte treten, und so die Elektricität ohne bewirkte Zersetzung überleiten lassen konnte. Der Zweck dabei war, durch die Wirkung der Säure auf das amalgamirte Zink im ersten Gefäfs einen Strom zu erregen, ihn mittelst der Platin-Elektroden durch die Säure im zweiten Gefäfs zu leiten (damit seine etwaige wasserzersetzende Kraft beobachtet werden könnte) und seine Anwesenheit nach Belieben durch die Zersetzung bei *e* zu ermitteln, ohne ihm beständig das Hindernifs entgegenzusetzen, welches entstanden seyn würde, wenn man ihn dort fortwährend eine Zersetzung hätte bewirken lassen. Zu Anfang des Versuchs wurde der Draht *c* auf das Papier gesetzt, wo dann bei *e* eine Zersetzung eintrat; und darauf wurde er auf dem entblöfsten Theil der Platte *e* stehen gelassen, so dafs eine beständige metallische Berührung stattfand.

969) Nach mehren Stunden wurde das Drahtende wieder auf das Probepapier bei *e* gestellt; es trat eine Zersetzung ein, und der Uebergang des Stroms war also vollkommen erwiesen. Nur war der Strom nun, verglichen mit seiner Stärke zu Anfange des Versuchs, sehr schwach, in Folge eines besonderen Zustandes, welchen die Metallflächen im zweiten Gefäfse angenommen hatten, und vermöge dessen sie dem Durchgang des Stroms einen Widerstand entgegensetzten (1040). Indefs erwiefs sich durch die Zersetzung, dafs dieser Zustand der Platten im zweiten Gefäfse nicht fähig war, den im ersten Gefäfs erregten Strom ganz zu hemmen, und weiter war nichts in der gegenwärtigen Untersuchung zu ermitteln nothwendig.

970) Von Zeit zu Zeit wurde dieser Apparat unter-

Digitized by Google

sucht; allein zwölf Tage lang, währenddeſs das Wasser im zweiten Gefäſs beständig seiner Wirkung ausgesetzt gewesen war, fand immer eine Circulation von einem elektrischen Strome statt. Ungeachtet dieser langen Zeit kam nicht die geringste Anzeige von Gasblasen auf einer der Platten in diesem Gefäſse zum Vorschein. Hieraus schlieſse ich, daſs wirklich ein Strom *übergegangen war*, aber einer von geringerem Stärkegrad als der, bei welchem die Bestandtheile des Wassers ohne Hülfe einer secundären Kraft, wie sie aus der Verbindbarkeit derselben mit der Substanz der Elektroden oder mit der umgebenden Flüssigkeit entspringt, sich trennen.

971) Man könnte meinen, Sauerstoff und Wasserstoff wären in so geringen Mengen entwickelt worden, daſs sie sich gänzlich in Wasser lösten und endlich an der Oberfläche entwichen oder sich wieder zu Wasser vereinigten. Daſs der Wasserstoff so gelöst werden könne, zeigte sich im ersten Gefäſs; denn nach mehren Tagen erschienen auf einem Glasstab, der zur Auseinanderhaltung des Zinks und Platins eingesteckt worden war, und auf dem Platin selbst, allmälig kleine Gasblasen, und diese bestanden aus Wasserstoff. Ihre Entstehung war die, daſs das Zink, ungeachtet seiner Amalgamation, eine kleine directe Einwirkung von der Säure erlitt, wodurch von seiner Oberfläche beständig ein kleiner Strom von Gasblasen aufstieg; ein kleiner Theil dieses Wasserstoffs löste sich allmälig in verdünnter Säure, und wurde zum Theil an der Oberfläche des Stabes und der Platte in Freiheit gesetzt, gemäſs der wohl bekannten Einwirkung solcher starren Körper auf Lösungen von Gasen (623. etc.).

972) Allein wären im zweiten Gefäſse die Gase durch Zersetzung des Wassers entwickelt und hätten sie gesucht sich zu lösen, so würde auch mit allem Grund zu erwarten gewesen seyn, daſs einige Blasen an den Elektroden zum Vorschein gekommen wären, besonders an der negativen, wenn auch nur wegen deren Wirkung als

Digitized by Google

als ein festes Korn auf die vermeintliche Lösung. Allein es erschien selbst nach zwölf Tagen keine Blase.

973) Sobald indefs nur einige Tropfen Salpetersäure in das Gefäfs *A*, Fig. 12 Taf. I, geschüttet wurden, waren die Resultate ganz anders. In weniger als fünf Minuten erschienen dann Gasblasen an den Platten *P'* und *P''* im zweiten Gefäfs. Um zu beweisen, dafs diefs die Wirkung des elektrischen Stroms sey (dessen Uebergang zugleich aus der Probe bei *e* hervorging), wurde die Verbindung bei *e* unterbrochen, die Platten *P'P''* von Blasen gereinigt und 15 Minuten lang in der Säure des Gefäfses *B* gelassen. Während dieser Zeit erschienen keine Blasen auf ihnen. Allein nach Wiederherstellung der Verbindung bei *e* verstrich nicht eine Minute als schon Gas auf den Platten erschien. Es ist also vollkommen bewiesen, dafs der im Gefäfs *A* durch verdünnte Schwefelsäure mit Zusatz von etwas Salpetersäure erregte Strom Intensität genug besafs, um die chemische Verwandtschaft zwischen dem Sauerstoff und Wasserstoff des Wassers im Gefäfse *B* zu überwinden, während der durch Schwefelsäure allein erregte Strom *nicht* stark genug dazu war.

974) Als eine starke Lösung von Aetzkali in dem Gefäfse *A* zur Erregung des Stromes angewandt wurde, fand sich durch die Zersetzung bei *e*, dafs wirklich ein Strom überging. Allein er hatte nicht Stärke genug, um das Wasser im Gefäfs *B* zu zersetzen. Denn wiewohl der Apparat 14 Tage stehen blieb, und während der ganzen Zeit Beweise von dem Uebergange des Stromes gab, so erschien doch nicht das mindeste Gas an den Platten *P'P''*, noch sonst eine Anzeige von geschehener Wasserzersetzung.

975) Nun wurde mit einer Lösung von schwefelsaurem Natron experimentirt, um zu ermitteln, ob zu dessen Zersetzung auch eine gewisse elektrolytische Intensität erforderlich sey, wie es so eben für das Wasser festge-

stellt worden (974). Der Apparat war wie Fig. 13 Taf. I eingerichtet. *P* ist eine Platin- und *Z* eine Zinkplatte, beide eingetaucht in eine Kochsalzlösung; *a* und *b* sind Platinplatten, die durch Platindrähte (ausgenommen in dem Galvanometer *g*) mit *P* und *Z* verbunden sind, *c* ist ein platiner Verbindungsdraht, der mit seinen Enden entweder auf die Platten *a* und *b* oder auf die darauf liegenden, mit Lösungen getränkten Papiere gesetzt wird, so dafs man den Strom entweder ohne Zersetzung oder mit einer oder zwei Zersetzungen, wie es das Bedürfnifs erforderte, übergehen lassen konnte. Um mit den *Anoden* und *Kathoden* an den Zersetzungsstellen wechseln zu können, wurde dem Apparat zuweilen die Einrichtung Fig. 14 gegeben. Hier wurde nur eine Platinplatte *c* angewandt, und beide Papierstücke, auf denen die Zersetzung vorgenommen werden sollte, wurden auf dieselbe gelegt; die Drähte von *P* und *Z* standen entweder auf diesen Papierstücken, oder auf der Platte *c*, je nachdem der Strom mit oder ohne Zersetzung der Lösungen erforderlich war.

976) Als an eine Zersetzungsstelle eine Lösung von Jodkalium und an die andere eine von schwefelsaurem Natron gebracht wurde, so dafs der elektrische Strom zugleich durch beide Lösungen gehen mufste, wurde die Jodidlösung langsam zersetzt, unter Abscheidung von Jod an der *Anode*, und von Alkali an der *Kathode;* allein die Lösung von schwefelsaurem Natron gab keine Anzeigen von Zersetzung, schied weder Alkali noch Säure aus. Als die Drähte so gestellt wurden, dafs die Jodidlösung allein der Wirkung des Stromes ausgesetzt war (900), wurde sie rasch und mächtig zersetzt; allein als ich den Drähten eine solche Stellung gab, dafs blofs das Glaubersalz unter der Wirkung war, widerstand es auch jetzt der Zersetzung. Endlich wurde der Apparat so eingerichtet, zwölf Stunden lang unter einer Glasglocke stehen gelassen, während welcher ganzen Zeit der Strom

Digitized by Google

fortwährend durch die Glaubersalzlösung ging, die nur in zwei Lagen Lackmus- und Kurkumä-Fliefspapier enthalten war. Nach Verlauf dieser Zeit ergab sich aus der Zersetzung der an der zweiten Zersetzungsstelle befindlichen Jodidlösung, dafs der Strom noch überging und zwölf Stunden lang übergegangen war, doch hatte sich keine Spur von Säure oder Alkali aus dem schwefelsauren Natron abgeschieden.

977) Aus diesen Versuchen kann, glaube ich, geschlossen werden, dafs eine Lösung von schwefelsaurem Natron einen Elektricitätsstrom zu leiten vermag, welcher unfähig ist diefs Salz zu zersetzen; dafs diefs Salz im Zustande der Lösung, wie das Wasser, eine gewisse elektrolytische Intensität zu seiner Zersetzung erfordert, und zwar eine weit höhere, als das Jodkalium in einem ähnlichen Zustand von Lösung.

978) Ich experimentirte nun mit Körpern, die durch Schmelzung zersetzbar gemacht werden, und zwar zuerst mit *Chlorblei*. Der Strom wurde durch Schwefelsäure, ohne Salpetersäure, zwischen einer Zink- und einer Platinplatte erregt (Fig. 15), und dann successiv geleitet durch etwas Chlorblei, geschmolzen auf Glas bei *a*, durch ein mit Jodkaliumlösung befeuchtetes Papier bei *b*, und durch ein Galvanometer bei *g*. Der Draht *ab* war von Platin. Bei dieser Vorrichtung zeigten die Zersetzung bei *b*, und die Ablenkung bei *g*, dafs ein Strom überging, allein bei *a* kam keine Zersetzung zum Vorschein, selbst nicht als bei *b* eine metallische Communication hergestellt ward. Der Versuch wurde mit gleichem Erfolge mehrmals wiederholt, und ich schliefse daraus, dafs in diesem Fall der Strom nicht intensiv genug war, um das Chlorblei zu zersetzen, und ferner, dafs das geschmolzene Chlorblei, wie das Wasser (974) einen elektrischen Strom zu leiten vermag, der nicht so intensiv ist als zu seiner Zersetzung erfordert wird.

979) Nun wurde *Chlorsilber* statt des Chlorbleis

bei *a*, Fig. 15, angebracht. Jetzt zeigte sich eine sehr rasche Zersetzung der Jodkalium-Lösung bei *b*, und, als daselbst eine metallische Communication hergestellt wurde, eine sehr beträchtliche Ablenkung der Galvanometernadel bei *g*. Es schien auch Platin an der Anode des geschmolzenen Chlorsilbers bei *a* gelöst zu werden, und alle Anzeigen einer daselbst eingetretenen Zersetzung waren sichtbar.

980) Ein fernerer Beweis von der Zersetzung wurde auf folgende Weise erhalten. Ich brachte die Platindrähte in dem geschmolzenen Chlorid bei *a* sehr nahe an einander, und liefs sie so, während bei *b* eine metallische Communication hergestellt war. Die Ablenkung des Galvanometers zeigte den Uebergang eines Stromes an, eines zwar schwachen, aber constanten. Nach einer oder zwei Minuten wurde die Nadel indefs plötzlich sehr heftig ergriffen, und sie zeigte einen eben so starken Strom an, wie wenn bei *a* Metallcontact stattgefunden hätte. Und wirklich war diefs auch der Fall, denn das durch den Strom reducirte Silber war in langen zarten Nadeln krystallisirt, die zuletzt die metallische Communication herstellten; und so wie sie einen kräftigeren Strom durchliefsen als das geschmolzene Chlorid, so bewiesen sie zugleich, dafs das Chlorid eine elektrochemische Zersetzung erlitten hatte. Hieraus erhellt, dafs der Strom, welcher durch verdünnte Schwefelsäure zwischen Zink und Platin erregt wird, eine gröfsere Intensität besitzt als zur Elektrolysirung von geschmolzenem Chlorsilber, wenn es sich zwischen Platin-Elektroden befindet, erfordert wird, obgleich er nicht intensiv genug ist, um unter denselben Umständen Chlorblei zu zersetzen.

981) Ein Tropfen *Wasser*, statt der geschmolzenen Chloride bei *a* angebracht, zeigte, wie in dem früheren Fall (970), dafs es einen zu seiner Zersetzung unzulänglichen Strom leiten könne, denn zugleich trat nach einiger Zeit bei *b* eine Zersetzung der Jodidlösung

Digitized by Google

ein. Allein seine Leitungsfähigkeit war viel geringer als die des geschmolzenen Chlorbleis (978).

982) Geschmolzener *Salpeter* leitete etwas besser. Ich vermochte nicht mit Gewifsheit zu entscheiden, ob er elektrolysirt wurde; allein ich vermuthe nicht, denn am Platin an der Kathode fand keine Entfärbung statt. Wäre Schwefel-Salpetersäure in dem Erregungsgefäfse angewandt worden, würden Salpeter und Chlorblei eine Zersetzung erlitten haben, wie das Wasser.

983) Diese Beispiele von Leitung ohne Zersetzung und die Nothwendigkeit einer gewissen elektrolytischen Intensität zur Trennung der *Ionen* verschiedener Elektrolyte stehen im unmittelbaren Zusammenhange mit den Versuchen und Resultaten, die im §. 10 der vierten Reihe dieser Untersuchungen (418. 423. 444. 449) [1]) gegeben worden sind. Allein es ist in Bezug sowohl auf den ersten Ursprung des elektrischen Stroms, als auf die Weise, in welcher dieser durch die Dazwischenkunft gröfserer oder kleiner Strecken schlechter, entweder zersetzbarer oder nicht zersetzbarer Leiter geschwächt wird, eine genauere Kenntnifs der Natur der Intensität erforderlich, ehe jener Zusammenhang im Einzelnen und vollständig verstanden werden kann.

984) Beim Wasser scheinen die bis jetzt von mir angestellten Versuche zu zeigen, dafs wenn der elektrische Strom auf eine geringere als die zur Zersetzung desselben erforderliche Intensität geschwächt worden ist, der Grad der Leitung derselbe bleibt, es mag Schwefelsäure oder irgend einer der vielen Körper, welche seine Ueberführungskraft als Elektrolyt abändern, zugegen seyn oder nicht; oder mit anderen Worten, dafs die für das Wasser erforderliche elektrolytische Intensität gleich ist, das Wasser mag rein oder durch Zusatz einer jener Substanzen leitender gemacht worden seyn; und dafs das Wasser, es mag rein oder gesäuert seyn, für Ströme von ge-

1) Diese Annalen, Bd. XXXI S. 237. 238 und 244. *P.*

Digitized by Google

ringerer Intensität als die eben genannte ein gleiches Leitungsvermögen besitzt. Ein Apparat wie Fig. 12 wurde zusammengestellt, mit Schwefelsäure im Gefäfse *A* und reinem destillirten Wasser im Gefäfs *B*. Aus der Zersetzung bei *e* schien es, wie wenn das Wasser für einen Strom von so geringer Intensität, dafs er keine Zersetzung bewirkt, ein *besserer* Leiter sey als verdünnte Schwefelsäure. Ich bin jedoch geneigt, diese scheinbar bessere Leitung des Wassers von Veränderungen in jenem eigenthümlichen weiterhin (1040) beschriebenen Zustand der Platin-Elektrode herzuleiten, welchen diese, so weit ich sehe, in verdünnter Schwefelsäure in höherem Grade annehmen als in reinem Wasser. Das den Säuren, Alkalien, Salzen und anderen gelösten Körpern eigenthümliche Vermögen, die Leitungsfähigkeit zu erhöhen, scheint nur in den Fällen, wo der dem Strom unterworfene Elektrolyt eine Zersetzung erleidet, Stand zu halten, und dagegen allen Einflufs zu verlieren, wenn der durchgelassene Strom zu schwach ist, um eine chemische Veränderung zu bewirken. Wahrscheinlich besitzt ein Elektrolyt im starren Zustande (419) ein gleiches Leitungsvermögen wie im flüssigen Zustande für Ströme von geringerer als der erforderlichen elektrolytischen Intensität.

985) Elektricitätsströme, hervorgebracht durch weniger als acht bis zehn Plattenpaaren (*series of voltaic elements*), lassen sich auf die Intensität, bei welcher sie vom Wasser ohne Zersetzung geleitet worden, dadurch zurückführen, dafs man sie durch drei oder vier Gefäfse leitet, worin Wasser zwischen Platinflächen enthalten ist. Die Principien der Schwächung (*principles of interference*), auf denen diese Wirkungen beruhen, werden weiterhin beschrieben werden (1009. 1018); allein das Verfahren kann nützlich seyn, um Ströme von Normalstärke zu erhalten, und ist wahrscheinlich auf Batterien von jeglicher Zahl von Plattenpaaren anwendbar.

Digitized by Google

986) Da wir aller Wahrscheinlichkeit nach in Zukunft finden werden, dafs alle Elektrolyte einen elektrischen Strom von gewisser Intensität zu ihrer Zersetzung erfordern, sie aber in dem dazu erforderlichen Grad von Intensität verschieden sind, so wird es wünschenswerth, sie nach dem Grade ihrer elektrolytischen Intensitäten in einer Tafel zusammenzustellen. Ehe aber eine solche Tafel construirt werden kann, müssen Untersuchungen über diesen Punkt jedoch sehr weit ausgedehnt werden, und darin eine gröfsere Zahl von Körpern eingeschlossen werden als bisher erwähnt wurde. Bei solchen Versuchen wird es besonders nützlich seyn, die Natur der angewandten Elektrode zu beschreiben, oder wo möglich solche auszuwählen, welche, wie Platin und Graphit, in gewissen Fällen, nicht fähig sind, die Trennung der abzuscheidenden *Ionen* zu unterstützen (913).

987) Von den beiden Arten, auf welche Körper die elektrischen Kräfte zu leiten vermögen, nämlich der, welche die Metalle so charakteristisch zeigen, und der, welche mit einer Zersetzung begleitet ist, scheint die erste allen Körpern gemein zu seyn, wiewohl in einem fast unendlichen Grad von Verschiedenheit; die zweite aber ist bis jetzt blofs bei den Elektrolyten angetroffen. Es ist jedoch möglich, dafs man sie künftig auch bei den Metallen auffinden werde; denn deren Fähigkeit, ohne Zersetzung zu leiten, kann vielleicht mit Recht davon abgeleitet werden, dafs sie zu ihrer Zersetzung eine sehr hohe elektrolytische Intensität erfordern.

987½) Der Satz, dafs eine gewisse elektrolytische Intensität nothwendig erforderlich ist, wenn eine Zersetzung eintreten soll, ist von grofser Wichtigkeit bei allen Betrachtungen über die wahrscheinlichen Wirkungen schwacher Ströme, wie sie z. B. durch natürliche Thermo-Elektricität oder natürliche voltasche Ketten hervorgerufen werden. Denn um eine Zersetzung oder Verbindung zu bewirken, mufs der Strom nicht blofs da

Digitized by Google

seyn, sondern auch eine gewisse Intensität haben, ehe er die ruhenden, ihm sich widersetzenden Verwandtschaften überwältigen kann, sonst wird er geleitet werden und keine permanenten Effecte bewirken. Andererseits sind nun auch die Grundsätze einleuchtend, nach denen man eine entgegenwirkende Action durch die Juxtaposition solcher Körper, die nicht genug Affinität haben, um direct auf einander einzuwirken (913), wird so schwächen können, daſs ein sehr schwacher Strom im Stande ist, chemische Veränderungen herbeizuführen.

988) Indem ich diesen Abschnitt *über die zur Elektrolysirung nothwendige Intensität* beende, kann ich nicht umhin über die Intensität überhaupt den folgenden merkwürdigen Schluſs auszusprechen. Es scheint, daſs ein voltascher Strom von einer gewissen Intensität, die von der Stärke der ihn hervorrufenden chemischen Verwandtschaften abhängt (916), einen gegebenen Elektrolyten ohne Beziehung auf die Menge der durchgegangenen Elektricität zersetzen kann, indem die *Intensität allein* entscheidet, ob der Elektrolyt zersetzt werde oder nicht. Wenn sich dieser Schluſs bestätigt, werden wir die Umstände so einrichten können, daſs *dieselbe Menge* von Elektricität übergeht in *derselben Zeit* durch *dieselbe* Oberfläche in *denselben* Körper, in *demselben* Zustand, und daſs sie dabei doch an Intensität verschieden ist, und demgemäſs *in dem einen Fall zersetzt, in dem andern nicht.* Denn nimmt man eine Elektricitätsquelle von einer zum Zersetzen unzureichenden Intensität, und ermittelt die in einer gegebenen Zeit übergegangene Elektricitätsmenge, so ist es leicht eine andere Quelle von zureichender Intensität zu nehmen, und durch Dazwischensetzung schlechter Leiter die Menge der Elektricität auf dasselbe Verhältniſs wie im ersten Strom zurückzuführen, und dann werden alle Bedingungen zur Hervorbringung der beschriebenen Resultate erfüllt seyn.

Digitized by Google

III. Ueber zusammengesetzte voltasche Ketten oder die voltasche Batterie.

989) Geht man von der Betrachtung einfacher Ketten (875 ff.) zu deren Vereinigung zu einer voltaschen Batterie über, so ist einleuchtend, dafs wenn die Sachen so geordnet worden, dafs zwei Gruppen von Verwandtschaften, statt gegen einander, wie in Fig. 1 und 4 (880. 891), mit einander wirken müssen, sie dann statt einander zu stören, vielmehr einander unterstützen werden. Diefs ist der einfache Fall bei zwei Plattenpaaren, die zur Bildung Einer Kette angeordnet sind. Bei solchen Anordnungen wird die Thätigkeit des Ganzen bekanntlich erhöht, und wenn man zehn oder hundert oder eine noch gröfsere Anzahl solcher Alternationen zweckmäfsig zusammenstellt, wird die Kraft des Ganzen verhältnifsmäfsig erhöht, und wir erhalten so jenes vortreffliche Instrument zu physikalischen Untersuchungen, die *voltasche Batterie.*

990) Aus den bereits aufgestellten Grundsätzen von der festen Wirkung ist aber klar, dafs die *Quantität* der Elektricität in dem Strom nicht erhöht werden kann mit Vergröfserung der *Quantität des Metalls*, welches an jeder neuen Stelle der chemischen Action oxydirt und gelöst wird. Eine einfache Zink-Platin-Kette versetzt, mittelst der Oxydation von 32,5 Gran Zink (868), eben so viel Elektricität in den Zustand eines Stroms, als eine tausend Mal gröfsere Menge, oder nahe fünf Pfund desselben Metalls, durch seine Oxydation in einer regulären Batterie von tausend Plattenpaaren liefern würde. Denn es ist einleuchtend, dafs die Elektricität, die in der ersten Zelle vom Zink durch die Säure zum Platin geht, und die von der Zersetzung einer festen Menge Wasser in dieser Zelle begleitet oder gar erzeugt wird, in der zweiten Zelle nicht vom Zink durch die Säure zum Platin gehen kann, ohne nicht dort dieselbe Menge Wasser zu zersetzen und dieselbe Menge Zink zu oxydiren (924.

Digitized by Google

949). Dasselbe geschieht in allen übrigen Zellen; in jeder mufs das elektro-chemische Aequivalent Wasser zersetzt werden, ehe der Strom durch dieselbe gehen kann. Denn die Menge der durchgegangenen Elektricität und die Menge des zersetzten Elektrolyten müssen *aequivalent* zu einander seyn. Die Wirkung einer jeden Zelle geht also nicht dahin, die in irgend einer Zelle in Bewegung gesetzte Quantität (Elektricität) zu vergröfsern, sondern diejenige Quantität (Elektricität) forttreiben zu helfen, deren Uebergang mit der Oxydation des Zinks in dieser Zelle vereinbar ist, und in dieser Weise erhöht sie jene eigenthümliche Eigenschaft des Stroms, welche wir mit dem Namen *Intensität* bezeichnen, ohne die *Quantität* zu vermehren, welche der in jeder einzelnen Zelle der ganzen Reihe oxydirten Menge Zinks entspricht.

991) Um diefs zu beweisen stellte ich zehn Plattenpaare von Platin und amalgamirtem Zink mit verdünnter Schwefelsäure zu einer Batterie zusammen. Als ich diese Batterie schlofs, wirkten alle Platten, und an den Platinflächen entwickelte sich Gas. Diefs wurde gesammelt, und es fand sich, dafs die Menge desselben in allen Zellen gleich war; und eben so stand die Menge des an jeder Platinplatte entwickelten Wasserstoffs in demselben Verhältnifs zur Menge des an jeder Zinkplatte gebildeten Oxyds, wie es früher bei dem Versuche mit der einfachen Kette der Fall war (864 etc.). Es war also gewifs, dafs gerade so viel, und nicht mehr, Elektricität durch die Reihe von zehn Plattenpaaren durchgegangen war, als durch ein einziges Paar gegangen oder in Bewegung gesetzt seyn würde, ungeachtet im ersten Fall eine zehn Mal gröfsere Menge Zink verbraucht wurde.

992) Diese Wahrheit ist auch schon längst auf einem anderen Wege bewiesen, nämlich durch die Einwirkung des entwickelten Stroms auf eine Magnetnadel. Die ablenkende Kraft eines einzigen Plattenpaares ist nämlich gleich der ablenkenden Kraft der ganzen Batterie, wenn

Digitized by Google

nur die angewandten Drähte dick genug sind, um den Strom eines einzigen Plattenpaars ungehindert zu leiten; allein die *Ursache* dieser Gleichheit konnte nicht verstanden werden, so lange die feste Wirkung und Entwicklung der Elektricität (783. 869) unbekannt war.

993) Dafs die Zersetzungskraft einer Batterie die eines einzigen Plattenpaars übertrifft, ist auf zweifache Weise einleuchtend. Elektrolyte, welche durch eine so starke Verwandtschaft zusammengehalten werden, dafs sie dem einfachen Plattenpaar widerstehen, geben ihre Elemente unter dem von vielen Plattenpaaren erregten Strome aus; und ein Körper, welcher durch die Wirkung eines oder einiger wenigen Plattenpaaren zersetzt wird, zerfällt desto leichter in seine *Ionen* als auf ihn die von einer gröfseren Zahl von Plattenpaaren erregten Elektricität einwirkt.

994) Beide Wirkungen sind, glaube ich, leicht verständlich. Was auch die *Intensität* seyn mag (und sie mufs natürlicherweise von der Natur der Elektricität abhängen, davon, ob diese aus einer oder mehren Flüssigkeiten bestehe, aus Vibrationen eines Aethers oder irgend einer anderen Art oder einem Zustand von Materie), so ist doch nicht schwierig einzusehen, dafs der *Grad* von Intensität, mit welchem ein Elektricitätsstrom von dem ersten voltaschen Element entwickelt wird, eine Verstärkung erfährt, wenn dieser Strom der Wirkung eines zweiten voltaschen Elements ausgesetzt wird; und da die Zersetzungen blofs widerstrebende Wirkungen sind, aber genau von gleicher Art wie die, welche den Strom erzeugen (917), so scheint es eine natürliche Folgerung, dafs die Verwandtschaft, welche der Kraft einer einzelnen Zersetzungswirkung widerstehen kann, unfähig sey den Kräften so vieler Zersetzungswirkungen, wie in der voltaschen Säule gemeinschaftlich thätig sind, Widerstand zu leisten.

995) Dafs ein Körper, welcher einem Strom von

Digitized by Google

schwacher Intensität unterliegt, noch leichter einem von gröfserer Stärke weicht, und dennoch dabei keinen Widerspruch mit dem Gesetz von der festen elektrolytischen Action darbietet, ist vollkommen erklärlich. Alle Thatsachen, und auch die Theorie, welche ich aufzustellen wagte, zeigen, dafs der Act der Zersetzung dem Uebergang des elektrischen Stroms eine gewisse Kraft entgegensetzt; und dafs dieser Widerstand mehr oder weniger leicht überwunden wird, in dem Maafse als der zersetzende Strom eine gröfsere oder geringere Kraft besitzt, stimmt mit allen unseren Kenntnissen von dem elektrischen Wesen vollkommen überein.

996) Schon früher (947) habe ich bei der chemischen Einwirkung zwischen Zink und verdünnter Schwefelsäure zwei Theile unterschieden; den, welcher geradezu auf das Zink einwirkt und auf einmal Wasserstoff an dessen Oberfläche entwickelt; und den, welcher, indem er quer durch den vorhandenen Elektrolyten (in diesem Fall: Wasser) eine Anordnung der chemischen Kräfte bewirkt, Sauerstoff aus demselben aufzunehmen sucht, es aber nicht vermag, sobald nicht der darauf folgende elektrische Strom einen freien Durchgang haben, und der Wasserstoff anderswo als am Zink ausgeschieden werden kann. Der elektrische Strom hängt gänzlich von diesem zweiten Theile ab. Allein, wenn der Strom durch Begünstigung der elektrolytischen Action übergehen kann, strebt er, den ersten Theil zu verringern und den letzteren zu vergröfsern.

997) Es ist also klar, dafs wenn gewöhnliches Zink in einer voltaschen Kette angewandt wird, ein ungeheuerer Verlust an der Kraft stattfindet, welche in die Gestalt eines elektrischen Stroms versetzt werden soll; eine Folgerung, die sehr einleuchten mufs, wenn man bedenkt, dafs viertehalb Unzen Zink, gehörig oxydirt, Elektricität genug in Umlauf setzen, um fast eine Unze Wasser zu zerlegen und 2400 Kubikzoll Wasserstoffgas zu ent-

Digitized by Google

wickeln. Dieser Kraftverlust findet nicht nur statt während der Zeit, dafs die Elektroden der Batterie in Gemeinschaft stehen, wo er alsdann proportional ist der Wasserstoffmenge, die an der Oberfläche einer der Zinkplatten entwickelt wird, sondern er umschliefst auch die *gesammte* chemische Action, welche stattfindet, wenn die Enden der Säule noch nicht mit einander verbunden sind.

998) Dieser Verlust ist weit gröfser beim gewöhnlichen Zink als bei reinem, wie Hr. De la Rive gezeigt hat [1]). Die Ursache hievon ist, dafs wenn verdünnte Schwefelsäure auf gewöhnliches Zink einwirkt, Theilchen von dem etwa darin vorhandenen Kupfer, Blei, Kadmium und anderen Metallen an seiner Oberfläche entblöfst werden, und dafs diese, da sie mit dem Zink in Berührung stehen, kleine sehr wirksame voltasche Ketten bilden, welche eine grofse Zerstörung des Zinks veranlassen, so wie eine grofse Entwicklung von Wasserstoff, scheinbar auf der Oberfläche des Zinks, in Wirklichkeit aber auf der Oberfläche dieser beigemengten Metalle. In demselben Verhältnifs, da diese zur Entladung der Elektricität oder zur Rückführung derselben zu dem Zink dienen, verringern sie deren Vermögen zur Erzeugung eines Stroms, welcher eine gröfsere Strecke durch die Säure gehen, und nur durch die Kupfer- oder Platinplatte, welche mit dem Zink zur Bildung einer voltaschen Kette verbunden ist, entladen werden soll.

999) Alle diese Uebelstände werden vermieden durch Anwendung eines Zinkamalgams in der von Hrn. Kemp empfohlenen Weise [2]) oder durch Anwendung der amalgamirten Platten des Hrn. Sturgeon (863), welcher über die Anwendung derselben zu galvanischen Batterien sagt: Wo es nicht auf die Zerbrechlichkeit und andere mit der Einverleibung des Quecksilbers zum Zink verknüpften

1) *Biblioth. universelle, T.* 43 *p.* 341 (Annal. Bd. XIX S. 221).

2) Jameson's *Edinburgh Journ. Oct.* 1828.

Digitized by Google

Umstände ankommt, würde die Amalgamation der Zinkflächen bei galvanischen Batterien eine wichtige Verbesserung seyn; denn das Metall hält weit länger vor und bleibt eine bedeutende Zeit, selbst mehre Stunden lang glänzend; wesentlich Umstände bei der Anwendung dieses Apparats [1]).

1000) Zink, auch unreines, so zubereitet, zersetzt das Wasser der verdünnten Säure nicht merklich, sondern hat eine solche Verwandtschaft zum Sauerstoff, dafs in dem Moment, wo es ein Metall, wie Kupfer oder Platin, das wenig oder keine Verwandtschaft hat, in der Säure berührt, einen kräftigen und ergiebigen elektrischen Strom erregt. Wahrscheinlich wirkt das Quecksilber dadurch, dafs es vermöge seiner Flüssigkeit die Oberfläche in einen gleichmäfsigeren Zustand versetzt, und zwischen einem Ort und dem andern diejenigen kleinen Verschiedenheiten aufhebt, welche zur Bildung der (998) erwähnten kleinen Ketten nöthig sind. Wenn anfänglich in dem Verhältnifs von Zink und Quecksilber eine Stelle der Oberfläche verschieden ist von einer andern, so wird die Stelle, wo sich weniger Quecksilber befindet, zuerst angegriffen, und, in Folge der Auflösung von Zink, bald in gleichen Zustand mit der andern versetzt, so dafs die ganze Platte auf der Oberfläche gleichförmig wird. Ein Theil derselben kann also nicht als Entlader für einen anderen wirken; und folglich ist die *gesammte* chemische Kraft auf das Wasser an seiner Oberfläche in demjenigen gleichmäfsigen Zustand (949), welcher, wiewohl er einen elektrischen Strom durch die Flüssigkeit zu einer andern, als Entlader (950) dienenden Metallplatte zu erregen trachtet, doch keine Unregelmäfsigkeit darbietet,

1) Hr. Sturgeon ist natürlich unbekannt mit der festen Elektricitätserzeugung durch chemische Action, und führt in der That den Versuch als den strengsten Beweis *gegen* die chemische Theorie des Galvanismus an.

Digitized by Google

durch die ein Theil mit geringeren Verwandtschaften für den Sauerstoff als Entlader für einen andern wirken könnte. Zwei vortreffliche und wichtige Folgen ergeben sich aus diesem Zustand des Metalls. Die erste ist, dafs für die Oxydation einer gewissen Menge Zink das *volle Aequivalent* von Elektricität erhalten wird, und die zweite: dafs eine Batterie, erbaut mit so zubereitetem Zink und geladen mit verdünnter Schwefelsäure, nur so lange thätig ist als die Elektroden in Verbindung stehen, und sogleich zu wirken aufhören, so wie man diese Verbindung unterbricht.

1001) Ich hatte eine kleine Batterie von zehn Plattenpaaren solchergestalt aufgebaut, und bin überzeugt, dafs dergleichen Vorrichtungen sehr wichtig seyn werden, besonders für die Entwicklung und Erläuterung der physikalischen Grundsätze dieses Instruments. Als Metalle wandte ich Platin und amalgamirtes Zink an, verbunden mit einander durch angelöthete Platindrähte; der ganze Apparat hatte die Form eines Becher-Apparats (*Couronne des Tasses*). Die Flüssigkeit war verdünnte Schwefelsäure von dem specifischen Gewicht 1,25. Es fand keine Wirkung auf die Metalle statt, ehe nicht die Elektroden in Gemeinschaft gesetzt waren, und dann war die Wirkung auf das Zink nur proportional der Zersetzung in der Experimentir-Zelle; denn wenn der Strom hier verzögert wurde, wurde er es auch in der Batterie, und es fand keine Vergeudung der Kräfte des Metalles statt.

1002) In Folge dieser Umstände blieb die Säure in den Zellen weit länger wirksam als gewöhnlich. In der That ward sie mit der Zeit nicht merklich schwächer; denn so lange das ihrer Einwirkung ausgesetzte Metall in dem gehörigen Zustand verblieb, behielt auch die Säure fast ihre anfängliche Stärke. Daraus entsprang dann eine Beständigkeit in der Wirkung, welche die mit gewöhnlichem Zink zu erlangende weit übertraf.

Digitized by Google

1003) Eine andere vortreffliche Folge ist, dafs die Batterie während der Ruhezeit zwischen zwei Versuchen ihren anfänglichen, sehr wirksamen Zustand wieder erlangt. Ein in verdünnte Schwefelsäure eingetauchtes Plattenpaar von Platin und amalgamirtem Zink giebt bei der ersten Schliefsung einen sehr mächtigen Strom, der aber sogleich sehr viel an Kraft verliert, und zuweilen bis auf ein Achtel oder Zehntel seiner anfänglichen Stärke herabsinkt (1036). Diefs rührt daher, dafs die mit Zink in Berührung stehende Säure durch das gebildete Zink neutralisirt, und so eine fortgesetzte schnelle Oxydation des Metalls gehindert wird. Bei gewöhnlichem Zink mischt die Gasentwicklung an dessen Oberfläche alle Flüssigkeit durch einander, und bringt so frische Säure an das Metall, wodurch dann das daselbst gebildete Oxyd entfernt wird. Bei der Batterie von amalgamirtem Zink verbreitet sich, nach jeder Aufhebung des Stroms, die Salzlösung dicht am Zink allmälig in die übrige; und bei Erneuerung des Contacts der Elektroden befinden sich die Zinkplatten unter den günstigsten Umständen zur Erzeugung eines schnellen und mächtigen Stroms.

1004) Auf den ersten Blick könnte man sich einbilden, das amalgamirte Zink wirke wegen des auf seiner Oberfläche befindlichen Quecksilbers weit schwächer als gewöhnliches Zink. Diefs ist aber nicht der Fall. Als der elektrische Strom einer einfachen Kette von Platin und amalgamirtem Zink dem Strom einer andern von Platin und nicht amalgamirtem Zink entgegengestellt ward, war der erstere sehr stark, wiewohl sich an dem amalgamirten kein Gas entwickelte, an dem unamalgamirten aber viel. Wenn ferner, wie Davy gezeigt hat [1]), amalgamirtes Zink mit nicht amalgamirtem in Berührung gesetzt, und mit diesem in verdünnte Schwefelsäure oder eine andere erregende Flüssigkeit eingetaucht wird, ist das erstere positiv gegen das

1) *Phil. Transact.* 1826, *p.* 405.

Digitized by Google

das letztere, d. h. der Strom geht von dem amalgamirten Zink durch die Flüssigkeit zu dem nicht amalgamirten. Er erklärt diefs, indem er annimmt, »der elektrische Charakter eines Metalles hänge nicht ab von einer inwohnenden und specifischen Eigenschaft, sondern von seinem besonderen Zustande, von jener Form der Aggregation, welche dasselbe zur chemischen Veränderung geschickt mache.«

1005) Die Vorzüglichkeit des amalgamirten Zinks hängt indefs nicht von einer solchen Ursache ab, sondern ist eine sehr einfache Folge des Zustands der mit demselben in Berührung stehenden Flüssigkeit; denn da das unamalgamirte Zink direct und für sich auf die Flüssigkeit wirkt, das amalgamirte aber nicht, neutralisirt das erste (durch das aus ihm gebildete Oxyd) die Säure an seiner Oberfläche, so dafs der Procefs der Oxydation verzögert wird, während an der Oberfläche des amalgamirten Zinks das gebildete Oxyd augenblicklich durch vorhandene freie Säure entfernt wird, und die blanke Metallfläche immer bereit steht, mit voller Kraft auf das Wasser zu wirken. Hieraus dann seine gröfsere Wirksamkeit (1037).

1006) Der Gang zur Vervollkommnung der voltaschen Batterie und ihrer Anwendung wird gegenwärtig offenbar ein umgekehrter seyn wie vor wenigen Jahren; denn statt die Anzahl der Platten, die Stärke der Säure und den ganzen Umfang des Instruments zu vermehren, wird man dasselbe mehr auf seinen anfänglichen Zustand von Einfachheit zurückzubringen haben, jedoch mit einer richtigeren Kenntnifs und Anwendung der Principien, welche dessen Kraft und Wirksamkeit bedingen. Mit zehn Plattenpaaren können jetzt Zersetzungen bewirkt werden (417), die sonst 500 und 1000 Plattenpaare erforderten. Die Möglichkeit, geschmolzene Chloride, Jodide und andere Verbindungen nach dem zuvor (380 etc.) aufgestellten Gesetz zu zerlegen, und die Gelegenheit, mit Appa-

Digitized by Google

raten wie die beschriebenen (789. 814 etc.), gewisse Producte ohne Verlust zu sammeln, macht es wahrscheinlich, dafs die voltasche Säule ein nützliches und selbst ökonomisch technisches Instrument werde. Denn die Theorie läfst offenbar schliefsen, dafs man ein Aequivalent einer seltenen Substanz auf Kosten von drei oder vier Aequivalenten einer sehr gemeinen Substanz, z. B. Zink, werde erhalten können, und die Praxis scheint diese Erwartung zu rechtfertigen. Unter diesem Gesichtspunkt halte ich es für sehr wahrscheinlich, dafs Platten von Platin oder Silber statt Platten von Kupfer mit Vortheil angewandt, und selbst die mit der Auflösung des Kupfers und seiner Fällung auf das Zink (wodurch die elektromotorische Kraft des Zinks so sehr geschwächt wird) verknüpften Uebelstände vermieden werden können (1047).

IV. Ueber den Widerstand eines Elektrolyten gegen elektrolytische Action und über Zwischenplatten.

1007) Den an der Zersetzungsstelle eintretenden Widerstand gegen die wirkende Kraft an dem Erregungsort habe ich bereits durch die möglichst einfache Form des Experiments erläutert (891. 910). Jetzt beabsichtige ich, die Effecte dieses Widerstands allgemeiner zu untersuchen, jedoch mehr in practischer Beziehung zu den Wirkungen und Erscheinungen der voltaschen Batterie, als in der Absicht jetzt eine strenge und physikalische Darstellung ihrer Natur zu liefern. Die allgemeine und hauptsächliche Ursache dieser Erscheinungen ist der Widerstand gegen die chemischen Zersetzungen; allein aufserdem wirken viele andere Umstände mit ein (1034. 1040 etc.), von denen jeder genau mufs untersucht worden seyn, ehe eine richtige Erklärung gegeben werden kann.

1008) Da es zweckmäfsig seyn wird, die Experimente in einer andern Form zu beschreiben als in wel-

eber sie angestellt wurden, so will ich beide Formen erst erläutern. Platten von Platin, Kupfer, Zink und anderen Metallen, drei Viertelzoll breit und drei Zoll lang, wurden durch angelöthete Platindrähte paarweise mit einander verbunden (Fig. 16 Taf. I), die Platten eines Paars waren gleich oder verschieden, wie es erfordert wurde. Die Platten wurden in Gläser (Fig. 17) gestellt, so dafs sie einen voltaschen Tassenkranz bildeten. Einfache Platten wurden angewandt, um die Reihe zu schliefsen und mit einem Galvanometer oder einem Zersetzungsapparat oder mit beiden zu verbinden. Wenn man nun Fig. 18 mit Fig. 19 vergleicht, kann die letztere als die einfachste Form von der ersteren angesehen werden, denn die Gefäfse I, II, III der ersteren sind durch die Zellen I, II, III der letzteren vorgestellt, und die Metallplatten *Z* und *P* in der ersteren durch ähnliche Platten *Z* und *P* in der letzteren. Der einzige Unterschied zwischen dem Apparat Fig. 18 und dem Trog Fig. 19 besteht darin, dafs im ersteren die Berührungsfläche zwischen Metall und Säure doppelt so grofs ist wie im letzteren.

1009) Wenn die äufseren Platten der Vorrichtung Fig. 18 durch das Galvanometer metallisch mit einander verbunden sind, besteht das Ganze aus einer Batterie von zwei Paaren Zink-Platin-Platten, die einen Strom vorwärts treiben, welcher aber Wasser ohne Hülfe einer directen chemischen Verwandtschaft zersetzen mufs, ehe er durch die Zelle III dringen und folglich auch ehe er circuliren kann. Diese Wasserzersetzung, welche sich dem Uebergang des Stroms widersetzt, kann nach Gefallen als stattfindend an den Oberflächen der beiden die Elektroden in der Zelle III bildenden Platinplatten oder an den beiden Oberflächen der die Zellen II und III (Fig. 19) scheidenden Platinplatte angesehen werden. Klar ist, dafs wenn diese Platte nicht vorhanden wäre, die Batterie aus zwei Plattenpaaren und zwei Zellen bestände, und die günstigste Beschaffenheit zur Erzeugung

eines Stroms besäfse. Die bei x eingeschaltete Platinplatte, an deren einen Seite Sauerstoff und an deren anderen Seite Wasserstoff entwickelt wird (d. h. wenn der zersetzende Strom übergeht) kann als die Ursache eines Hindernisses betrachtet werden, das aus der Zersetzung des Wassers durch den elektrischen Strom entspringt, und ich habe sie daher gewöhnlich die Zwischenplatte (*interposed plate*) genannt.

1010) Um die Umstände zu vereinfachen, wurde anfangs in allen Zellen verdünnte Schwefelsäure, und als Zwischenplatten Platin angewandt, denn dann ist die anfängliche Intensität des Stroms, der sich zu bilden sucht, constant, indem er von der Kraft herrührt, mit welcher das Zink das Wasser zersetzt, und die widerstrebende Kraft der Zersetzung ist ebenfalls constant, da die Bestandtheile des Wassers bei ihrer Trennung an den Zwischenplatten durch keine Verwandtschaft oder durch keine aus der Natur der Platte oder der umgebenden Flüssigkeit entspringenden Action an den Elektroden (744) unterstützt werden.

1011) Als nur eine einfache Zink-Platin-Kette angewandt war, wurde der Strom durch Dazwischensetzung einer einzigen Platinplatte (Fig. 20) für alle practischen Entzwecke gänzlich gehemmt; wenigstens zersetzte er kein Wasser mehr. Diefs stimmt vollkommen mit den zuvor gegebenen Ansichten (910. 917. 973). Denn da das ganze Resultat abhängt von dem Kampf (*opposition*) der Kräfte an den Orten der Elektricitätserregung und der Elektrozersetzung, und da an beiden Orten Wasser zersetzt werden mufs, so läfst sich nicht erwarten, dafs das Zink eine so mächtige Anziehung zum Sauerstoff habe, um denselben nicht blofs dem mit ihm verbundenen Wasserstoff zu entreifsen, sondern auch noch so viel Uebergewicht zu behalten, dafs der Strom, nachdem er zu den zweiten Zersetzungsort übergegangen, daselbst im Stande sey, noch eine zweite Trennung der Bestandtheile des

Wassers zu bewirken. Solch ein Vorgang würde erfordern, dafs die Anziehungskraft zwischen Zink und Sauerstoff unter diesen Umständen *wenigstens* doppelt so grofs wäre als die Anziehungskraft zwischen dem Sauerstoff und Wasserstoff.

1012) Als zwei erregende Plattenpaare von Zink und Platin angewandt wurden, ward der Strom ebenfalls durch eine dazwischen gestellte Platinplatte für die Praxis gehemmt (Fig. 21). Anfangs war zwar eine sehr schwache Wirkung da, aber fast sogleich hörte sie auf. Ich werde von ihr und mehren ähnlichen Effecten späterhin (1017) reden.

1013) Drei Plattenpaare von Zink und Platin (Fig. 22) waren im Stande mit ihrem Strom eine eingeschaltete Platinplatte zu durchdringen und die Elektrolysirung des Wassers in der Zelle IV zu bewirken. Der Strom zeigte sich sowohl durch die fortdauernde Ablenkung des Galvanometers als durch die Blasen von Sauerstoff und Wasserstoff an den Elektroden in der Zelle IV. Also ist der angesammelte Kraftüberschufs dieser Zinkplatten, welche zur Zersetzung des Wassers thätig sind, zusammen genommen mehr als gleich der Kraft, mit welcher Sauerstoff und Wasserstoff zu Wasser verbunden sind, und er ist hinreichend die Trennung dieser Bestandtheile zu bewirken.

1014) Den drei Plattenpaaren von Zink und Platin wurden nun zwei Zwischenplatten von Platin entgegengesetzt, Fig. 23. Jetzt war der Strom gehemmt.

1015) Vier Plattenpaare von Zink und Platin wurden durch zwei dazwischen gesetzte Platinplatten neutralisirt. Fig. 24.

1016) Fünf Paare Zink und Platin mit zwei Zwischenplatten von Platin (Fig. 25) gaben einen schwachen Strom; es fand eine bleibende Ablenkung des Galvanometers, und in den Zellen VI und VII eine Zersetzung statt. Allein der Strom war sehr schwach, sehr viel

schwächer als wenn alle dazwischen befindlichen Platten fortgenommen und blofs die beiden äufseren beibehalten wurden; denn wenn sie sechs Zoll aus einander in Eine Zelle gestellt wurden, gaben sie einen kräftigen Strom. Fünf erregende Plattenpaare mit zwei dazwischengesetzten Hemmplatten gaben also einen Strom, gar nicht vergleichbar mit dem eines einzigen ungehemmten Plattenpaars.

1017) Ich habe bereits gesagt, dafs ein *sehr schwacher Strom* überging, wenn die Kette zwei Plattenpaare von Zink und Platin und eine Zwischenplatte enthielt (1012). Ein ähnlicher schwacher Strom ging jedesmal über, und selbst wenn nur Ein erregendes Plattenpaar mit vier Zwischenplatten von Platin angewandt wurde (Fig. 26) liefs sich bei x ein Strom wahrnehmen, sowohl durch chemische Action auf eine Lösung von Jodkalium als auch durch das Galvanometer. Dieser Strom, glaube ich, rührt her von Elektricität, die bis unter die zur Zersetzung des Wassers erforderliche Intensität geschwächt worden ist (970. 984); denn Wasser kann eine Elektricität von so geringer Intensität vermöge einer ähnlichen Kraft leiten, wie sie die Metalle und die Kohle besitzen, wiewohl dasselbe eine Elektricität von höherer Intensität nicht ohne Zersetzung zu leiten vermag und ihr dann einen daraus erfolgenden Widerstand entgegensetzt. Bei einem elektrischen Strom unterhalb dieser Intensität wird wahrscheinlich eine Vermehrung der Anzahl der zwischengesetzten Platinplatten die Schwierigkeit der Leitung nicht erhöhen.

1018) Um eine Vorstellung von der mit Zusatz jeder Patinplatte steigenden Hemmkraft zu erhalten, wurden sechs voltasche Plattenpaare und vier Zwischenplatten von Platin, wie in Fig. 27, zusammengestellt. Es ging dann ein sehr schwacher Strom über (985. 1017). Wenn man eine der Zwischenplatten fortnahm, also nur drei beibehielt, ging ein etwas stärkerer Strom über.

Digitized by Google

Mit zwei Zwischenplatten wurde ein noch stärkerer Strom erhalten, und mit einer einzigen ein recht starker. Indefs war die Wirkung dieser Platten, genommen nach der Ordnung ihrer Dazwischensetzung, sehr ungleich, wie zu erwarten stand; denn die erste verzögerte den Strom mehr als die zweite, die zweite mehr als die dritte etc.

1019) Bei diesen Versuchen wurde sowohl amalgamirtes als nicht amalgamirtes Zink angewandt, allein im Allgemeinen mit gleichem Erfolg.

1020) Die eben beschriebenen Verzögerungs-Effecte wurden gänzlich geändert, wenn mit der Natur der *Flüssigkeit* zwischen den Platten eine Veränderung vorgenommen wurde, sey es in den sogenannten *Erregungs-* oder in den *Verzögerungs-Zellen*. Wenn man z. B. die erregende Kraft ungeändert liefs, nämlich nach wie vor reine verdünnte Schwefelsäure in den Erregungszellen anwandte, aber zu der Flüssigkeit in den Verzögerungszellen etwas Salpetersäure hinzusetzte, so wurde der Durchgang des Stroms sehr viel erleichtert. Wenn z. B. in dem Versuch mit Einem erregenden Plattenpaare und Einer Zwischenplatte (1011), Fig. 20, einige Tropfen Salpetersäure zu dem Inhalt der Zelle II hinzugesetzt wurden, ging der elektrische Strom mit bedeutender Stärke über (wiewohl er aus anderen Ursachen (1036. 1040) bald abnahm) und denselben guten Erfolg bewirkte die Salpetersäure bei Anwendung mehrer Zwischenplatten.

1021) Diefs scheint eine Folge davon zu seyn, dafs die Schwierigkeit der Zersetzung des Wassers vermindert ist, wenn dessen Wasserstoff, statt frei ausgetrieben werden zu müssen, auf den Sauerstoff der Salpetersäure zur Bildung eines secundären Products an der *Kathode* übertragen werden kann, wie hier (752). Dem gemäfs den schon (913) ausgesprochenen Ansichten von dem elektrischen Strom und dessen Wirkung widersteht das Wasser nun nicht mehr der Zersetzung mit dem vollen Be-

Digitized by Google

trag der aus der gegenseitigen Anziehung seines Sauerstoffs und Wasserstoffs entspringenden Kraft, sondern diese Kraft ist theilweis aufgewogen, und folglich geschwächt durch die Anziehung des Wasserstoffs an der *Kathode* zu dem Sauerstoff der Salpetersäure daselbst, mit welchem es sich zuletzt verbindet, statt frei zu entweichen.

1022) Als ein wenig Salpetersäure in die *erregenden* Zellen gethan wurde, wurde der Durchgang des Stroms wiederum befördert, denn durch diesen Zusatz (906) wurde die *Intensität* des Stroms selbst erhöht. Als daher zugleich in die Erregungs- und in die Verzörungs-Zellen etwas Salpetersäure geschüttet wurde, ging der Strom mit sehr beträchtlicher Stärke über.

1023) Bei Anwendung von verdünnter Salzsäure wurde ein Strom erzeugt und durchgelassen, der zwar den von der Schwefelsäure übertraf, dem von der Salpetersäure aber nicht gleich kam. Da die Salzsäure sich leichter zu zersetzen scheint als das Wasser (765) und da die Verwandtschaft des Zinks zum Chlor sehr kräftig ist, so liefs sich erwarten, dafs mit ihr ein stärkerer Strom als mit der verdünnten Schwefelsäure erhalten werde, und dafs er auch leichter durchgehe, da die Zersetzung bei schwächerer Intensität eintritt (912).

1024) In Bezug auf die Wirkung dieser Zwischenplatten ist es nöthig zu bemerken, dafs sie durchaus nicht von der Gröfse der Elektroden oder von deren gegenseitigen Entfernung in der Säure abhängt, es sey denn, dafs wenn ein Strom *übergehen kann*, Veränderungen in ihnen den Uebergang desselben befördern oder verzögern. Denn wenn man den Versuch mit Einer Zwischenplatte und Einem erregenden Plattenpaar wiederholt (1011), Fig. 20, und statt der Zwischenplatte *P* zuweilen einen blofsen Draht, zuweilen eine sehr grofse Platte anwendet (1008) und auch die Endplatten *Z* und *P* dahin abändert, dafs man sie zuweilen sehr grofs, zuweilen

Digitized by Google

aber bloſse Drähte nimmt, so sind doch die Resultate den bereits beschriebenen gleich.

1025) Zur Erläuterung des Einflusses der Entfernung (der Platten) wurde ein Versuch mit zwei erregenden Plattenpaaren und Einer Zwischenplatte so angestellt (1012), Fig. 21, daſs der Abstand zwischen den Platten in der dritten Zelle von der Dicke eines Blattes Flieſspapier bis zu sechs bis acht Zoll vergröſsert werden konnte. Dennoch war der Erfolg in beiden Fällen derselbe; er war sichtbar nicht gröſser, wenn die Platten bloſs durch Papier getrennt waren, als wenn sie weit aus einander standen. Der Hauptwiderstand gegen den Strom hängt also nicht von der *Quantität* des dazwischen kommenden elektrolytischen Leiters ab, sondern von der *Beziehung seiner Elemente zu der Intensität des Stroms*, oder zu der chemischen Natur der Elektroden und der umgebenden Flüssigkeiten.

1026) Wenn Schwefelsäure angewandt wurde, bewirkte eine *Verstärkung* derselben in einer der Zellen keine Veränderung in den Effecten. Sie bewirkte keine Verstärkung des Stroms in den Erregungszellen (908), und auch keinen leichteren Durchgang desselben durch die Zersetzungszellen. Allein wenn zu sehr schwacher Schwefelsäure ein Paar Tropfen Salpetersäure hinzugesetzt wurden, dann stellte sich der eine oder andere Effect ein; und wie in einem Falle, wie dieser, wo die Erregungs- oder Leitungs-Wirkung eine *directe* Beziehung zu der Säure selbst besitzt, zu erwarten stand, erhöhte eine Verstärkung der Salpetersäure auch deren Kräfte.

1027) Jetzt wurde die *Natur der Zwischenplatte* geändert, um ihren Einfluſs auf die Erscheinungen kennen zu lernen; und zuerst wurde das Platin durch amalgamirtes Zink ersetzt. Bei Anwendung Eines erregenden Plattenpaars und Einer solchen Zwischenplatte (Fig. 28) trat ein Strom ein, anscheinend eben so stark, wie wenn

Digitized by Google

keine Zwischenplatte vorhanden gewesen wäre. Am Platin in der Zelle II und an der Seite des zweiten Zinks in der Zelle I entwickelte sich Wasserstoff; allein an der Seite des Zinks in der Zelle II und an dem Zink in der Zelle I erschien kein Gas.

1028) Als zwei amalgamirte Zinkplatten statt einer dazwischen gestellt wurden (Fig. 29 Taf. I) war der Strom zwar noch kräftig, aber doch schon geschwächt. Mit drei Zwischenplatten von diesem Zink (Fig. 30) fand eine noch beträchtlichere Verzögerung statt, wiewohl noch ein guter Elektricitätsstrom überging.

1029) In der Meinung, die Wirkungslosigkeit des Zinks auf die verdünnte Säure sey die Ursache der Verzögerung, indem sie es nöthig mache, dafs jede Platte, um Wasser zu zersetzen, etwas durch einen elektrischen Strom unterstützt werde, vermuthete ich, dafs Platten von unamalgamirtem Zink einer solchen Unterstützung nicht bedürfen, und dem Uebergang des Stroms kein solches Hindernifs in den Weg legen würden. Diese Erwartung verwirklichte sich vollkommen bei Anwendung von zwei oder drei unamalgamirten Platten. Der elektrische Strom ging so frei hindurch, wie wenn keine solchen Platten im Wege standen. Sie erzeugten keinen Widerstand, weil sie Wasser ohne den Strom zersetzen konnten, und der letztere brauchte nur einen Theil der Kräfte, die auch ohne ihn wirksam gewesen wären, Richtung zu geben.

1030) Nun wurden Zwischenplatten von Kupfer angewandt. Anfangs schienen sie keinen Widerstand zu veranlassen, allein nach wenigen Minuten hörte der Strom ganz auf. Diefs scheint davon herzurühren, dafs die Flächen jenen besonderen Zustand annehmen (1040), vermöge dessen sie einen umgekehrten Strom zu erregen trachten. Denn wenn eine oder mehre dieser Platten umgekehrt werden, was sich mittelst des Tassenkranzes (Fig. 18) leicht bewerkstelligen liefs, wurde der Strom auf einige Augenblicke kräftig erneut, und hörte dann

Digitized by Google

abermals auf. Platten von Platin und Kupfer, mit verdünnter Schwefelsäure zu einer voltaschen Säule angeordnet, vermochten wegen dieser eigenthümlichen Gegenwirkung nicht länger als ein Paar Minuten zu wirken.

1031) Alle diese Verzögerungseffecte, die sich durch Zersetzungen an Flächen äufsern, zu denen die ausgeschiedenen Elemente eine gröfsere oder geringere oder gar keine Verwandtschaft haben, zeigen in allgemeiner, jedoch hübscher Weise die chemischen Beziehungen und den Ursprung des elektrischen Stroms, so wie den Balancirungszustand (*balanced state*) der Verwandtschaften an dem Erregungs- und Zersetzungsort. Auf diese Weise vermehren sie die Beweise zu Gunsten der Einerleiheit dieser beiden (Verwandtschaften). Denn sie beweisen den Antagonismus der *chemischen Kräfte* in dem elektromotorischen Theil zu den *chemischen Kräften* in dem eingeschalteten Theile; sie zeigen, dafs der erstere elektrische Wirkungen *erzeugt*, und dafs der letztere sich diesen *widersetzt;* sie bringen die beiden in directe Relation; sie thun dar, dafs jeder von ihnen den andern bedingen kann, kehren anscheinend Ursache und Wirkung um, und beweisen, dafs die chemische und elektrische Action nur zweierlei Aeufserungen eines einzigen Wesens oder einer einzigen Kraft darstellen (916 ff.).

1032) Da Wasser und andere Elektrolyte unzersetzt (986) die Elektricität zu leiten vermögen, sobald nur die Intensität der Elektricität schwach genug ist, so ist ganz klar, dafs man nicht in allen Fällen mit voller Wahrheit sagen könne, die Elektricität erzeuge bei ihrem Durchgang durch einen Elektrolyt jedesmal einen festen Zersetzungseffect. Allein die Elektricitätsmenge, welche in einer gegebenen Zeit durch einen Elektrolyt gehen kann, ohne eine Zersetzung zu bewirken, ist so klein, dafs sie mit der zu einer mäfsigen Zersetzung erforderlichen keinen Vergleich aushält. Und bei einer Elektricität von gröfserer als der zur Zersetzung erforderlichen Intensität

Digitized by Google

habe ich bis jetzt noch keine merkliche Abweichung von dem in der siebenten Reihe dieser Untersuchungen (783. etc.) entwickelten Gesetz der *festen elektrolytischen Action* aufgefunden.

1033) Ich kann diesen Abschnitt nicht verlassen, ohne nicht noch der wichtigen Versuche des Hrn. A. De La Rive über die Wirkung der Zwischenplatten Erwähnung zu thun [1]). Da ich zu der Annahme geführt worden bin, dafs dergleichen nur in sofern dem Durchgang des elektrischen Stroms einen Widerstand entgegensetzen als sie zu neuen Zersetzungen Anlafs geben, so hatte ich nicht nöthig, die von jenem Physiker beschriebenen besonderen Effecte in Betracht zu ziehen, und ich bin um so mehr geneigt davon abzustehen, als ich zugleich in die Ansichten von Sir Humphry Davy [2]) über denselben Gegenstand, und auch in die damit verknüpften von Marianini [3]) und Ritter [4]) hätte eingehen müssen.

V. Allgemeine Bemerkungen über die thätige voltasche Batterie.

1034) Wenn eine gewöhnliche voltasche Batterie in Thätigkeit gesetzt wird, so bringt ihre eigne Thätigkeit gewisse Effecte hervor, welche auf sie rückwirken und eine bedeutende Schwächung ihrer Kraft veranlassen. Dadurch wird sie in Bezug auf die Quantität des Effects, welchen sie hervorzubringen fähig ist, ein sehr wandelbares Instrument. Zum Theil sind diese Erscheinungen schon bekannt und verstanden; allein da ihre und anderer damit zusammentreffender Resultate Wichtigkeit deutlicher werden wird

1) *Annales de chim. et de phys. T. XXVIII p.* 190 (dies. Ann. Bd. XV S. 98 und 122.).

2) *Philos. Transact.* 1826, *p.* 413.

3) *Annal. de chim. et de phys. T. XXXIII p.* 117. 119.

4) *Journ. de phys. T. LVII p.* 349. 350.

Digitized by Google

durch Beziehung auf die schon angegebenen Grundsätze und Erfahrungen, so habe ich es für nützlich gehalten ihrer hier kurz zu erwähnen.

1035) Wenn die Batterie in Thätigkeit ist, bewirkt sie, dafs solche Substanzen gebildet und mit den Platten in Berührung gestellt werden, welche ihre Kraft sehr schwächen oder gar einen Gegenstrom zu erzeugen trachten. Sir Humphry Davy [1]) hält sie für hinreichend, die Erscheinungen an Ritter's secundären Säulen, so wie die von Hrn. A. De La Rive beobachteten Wirkungen der Zwischenplatten zu erklären.

1036) Ich habe bereits bemerkt, dafs die Kraft des Stroms dadurch in einigen Fällen bis auf ein Achtel oder Zehntel ihrer anfänglichen Stärke zurückgeführt werden kann, und habe Beispiele angeführt, wo die Störung sehr grofs war. Bei einem Versuche, wo Ein voltasches Paar und eine Zwischenplatte von Platin mit verdünnter Schwefelsäure in den Zellen (Fig. 31) angewandt ward, wurden die Verbindungsdrähte so geordnet, dafs das Ende des Drahts 3 nach Belieben auf ein mit Jodkalium-Lösung befeuchtetes Papier x oder geradezu auf die Platinplatte p daselbst gesetzt werden konnte. Wenn nach einiger Zeit, während welcher die Kette nicht geschlossen worden war, der Draht 3 auf das Papier gesetzt wurde, ergaben sich Anzeigen von einem Strome, eine Zersetzung trat ein und das Galvanometer wich ab. Liefs ich den Draht 3 das Metall bei p berühren, so ward ein verhältnifsmäfsig starker plötzlicher Strom erzeugt, der das Galvanometer ergriff; aber er hielt nur einen Augenblick an, die galvanometrische Wirkung hörte auf, und wenn nun der Draht 3 auf das Papier bei x gesetzt wurde, traten keine Anzeigen von einer Zersetzung auf. Nach Aufhebung des Drahts und gänzlicher Unterbrechung des Stroms für eine Weile nahm der Apparat wiederum seine anfängliche Stärke an, erforderte jedoch dazu

1) *Philosoph. Transact.* 1826, *p.* 413.

Digitized by Google

fünf bis zehn Minuten; und wenn dann, wie zuvor, der Contact zwischen 3 und *p* hergestellt wurde, erschien wiederum ein momentaner Strom und gleich darauf hörten anscheinend alle Effecte auf.

1037) Zuletzt war ich im Stande diese Wirkung dem Zustande der die Zinkplatte in der Zelle I berührenden Flüssigkeitsschicht zuzuschreiben. Die Säure dieser Schicht wird augenblicklich durch das gebildete Oxyd neutralisirt; die Oxydation des Zinks kann demnach nicht mit der früheren Leichtigkeit vor sich gehen; und da so die chemische Action unterbrochen ist, wird mit ihr auch die voltasche Action geschwächt. Die Ruhezeit wird erfordert, damit diese Flüssigkeitsschicht verbreitet und durch andere Säure ersetzt werden konnte. Aus dem bedeutenden Einfluſs dieser Ursache bei Versuchen mit einfachen Plattenpaaren von verschiedenen Metallen, mit denen ich einmal beschäftigt war, und aus der ungemeinen Sorgfalt, die zur Vermeidung desselben erforderlich war, kann ich nicht umhin, den Verdacht zu hegen, und die Experimentatoren darauf aufmerksam zu machen, daſs er häufiger, als sie es denken, störend einwirkt.

1038) Wenn man die Wirkung dieser Quelle der unregelmäſsigen Wirkung des voltaschen Apparats bei zarten Versuchen erwägt, muſs erinnert werden, daſs es nur die sehr kleine, direct mit dem oxydirbaren Metall in Berührung stehende Portion der Flüssigkeit ist, welche in Bezug auf die Veränderung ihrer Natur betrachtet zu werden braucht; und diese Portion wird nicht leicht aus ihrer Lage an der Oberfläche des Metalls (582. 605) verdrängt, besonders wenn dieſs Metall eine rauhe unregelmäſsige Oberfläche hat. Zur Erläuterung dieses will ich einen merkwürdigen Versuch anführen. Eine polirte Platinplatte (569) wurde nur auf einen Augenblick in heiſse concentrirte Schwefelsäure getaucht, dann in destillirtes Wasser, darin herumgeführt, herausgenommen

Digitized by Google

und trocken gewischt; darauf wurde sie in eine zweite Portion destillirten Wassers getaucht, darin herumbewegt und abermals trocken gewischt; jetzt ward sie in eine dritte Portion destillirten Wassers getaucht, darin beinahe acht Secunden herumbewegt, und nun, ohne Abwischen, in eine vierte Portion destillirten Wassers gebracht und fünf Minuten darin gelassen. Die beiden letzten Portionen Wasser wurden dann auf Schwefelsäure geprüft; die dritte zeigte keine merkbaren Spuren von dieser Säure, aber die vierte gab nicht nur sichtbare, sondern auch für die Umstände reichliche Anzeigen von derselben. Diefs Resultat zeigt genugsam, mit welcher Schwierigkeit die das Metall *berührende* Portion einer Flüssigkeit dasselbe verläfst; und da in der voltaschen Kette die Berührung zwischen der Flüssigkeit und dem Metall so innig und vollkommen wie möglich seyn mufs, so ist leicht einzusehen, wie schnell und stark er sich durch die Masse der Flussigkeit in der Zelle verändere und wie schwächend er auf die Kraft der Batterie einwirken mufs.

1039) In der gewöhnlichen voltaschen Säule kommt der Einflufs dieses Effects in allen Stärkegraden vor. Die Enden eines Trogs von zwanzig Wollaston'schen Plattenpaaren wurden mit dem Volta-Elektrometer, Fig. 11 (Taf. III Bd. XXXIII), der siebenten Reihe dieser Untersuchungen (711) verbunden, und nach fünf Minuten die Anzahl der Gasblasen, die in Folge der Wasserzersetzung von dem Ende der Röhre aufstiegen, aufgezeichnet. Ohne die Platten zu bewegen, wurde die Säure zwischen dem Kupfer und Zink mit einer Federfahne umgerührt. Sogleich entwickelten sich die Gasblasen rascher, fast doppelt so schnell wie vorher. Sehr einleuchtend ist, dafs das Umrühren mit der Feder ein sehr unvollkommenes Mittel war, die Säure an den Platten in der Zelle auf ihren anfänglichen gleichmäfsigen Zustand zurückzuführen, und dennoch wurde dadurch die

Digitized by Google

Kraft der Batterie mehr als verdoppelt. Die anfängliche Wirksamkeit einer Batterie, die bekanntlich höher ist als die später anhaltende, ist fast gänzlich Folge des günstigen Zustandes, in welchem sich die mit den Platten in Berührung stehende Säure befindet.

1040) Eine *zweite* Ursache zur Schwächung der voltaschen Batterie, entspringend aus ihrer eigenen Thätigkeit, liegt in dem ungewöhnlichen Zustand der Metall-Oberfläche, welcher, glaube ich, von Ritter [1]) zuerst beschrieben und als das Wirkende seiner secundären Säulen bezeichnet, auch späterhin von Marianini und A. De La Rive so wohl untersucht ist. Unterhält man den Apparat Fig. 31 (1036) eine oder zwei Stunden lang in Thätigkeit, den Draht 3 dabei auf die Platte *p* gestellt, um den Strom einen freien Durchgang zu gestatten, und unterbricht darauf den Contact auf zehn oder zwölf Minuten, so wird doch bei seiner Wiederherstellung nur ein schwacher Strom übergehen, bei weitem kein so starker als man wohl erwartet hätte. Wenn man ferner P' und P^2 durch einen Metalldraht verbindet, geht von P^2 durch die Säure nach P' ein momentaner Strom über, also in umgekehrter Richtung mit dem, welchen die Wirkung des Zinks in dieser Vorrichtung erzeugt. Und nachdem diefs geschehen ist, vermag der Hauptstrom wieder, wie anfangs, durch das ganze System zu gehen, allein durch seinen Uebergang versetzt er wieder die Platten P^2 und P' in den früheren entgegenstrebenden Zustand. Diefs ist im Allgemeinen die von Ritter, Marianini und De La Rive beschriebene Erscheinung. Sie leistet der Wirkung einer Säule einen sehr grofsen Widerstand, besonders wenn diese aus einer kleinen Anzahl von Plattenpaaren besteht und ihr Strom durch viele Zwischenplatten gehen mufs. Der Widerstand ist verschieden nach der Flüssigkeit, in welche

1) *Journal de physique, T. LVII p.* 349.

che die Zwischenplatten eingetaucht sind, nach der Stärke der Säule, nach der Zeit der Wirkung, und besonders nach zufälligen Entladungen der Säule durch unachtsames Berühren oder Umkehren der Platten während der Versuche. Auf alle diese Umstände muſs man sorgfältig achten, wenn man die Entstehung, Stärke und Veränderung des voltaschen Stroms untersuchen will. Ihren Einfluſs vermied ich in den bereits (1036) beschriebenen Versuchen dadurch, daſs, ehe ich die von dem Zustand der die Zinkplatte berührenden Flüssigkeit abhängige Wirkung beobachtete, die Platten P' und P^2 in Berührung setzte, so wie auch durch andere Vorsichtsmaſsregeln.

1041) Bei Verknüpfung eines Apparats von mehren Platinplatten, wie der Fig. 26 (1017), mit einer Batterie, die einen Strom durchzutreiben vermochte, erhielt sie die zur Hervorbringung eines Gegenstroms erforderliche Kraft in sehr beträchtlichem Grade.

1042) *Schwache und matte Entladungen* dürfen niemals gleichzeitig mit *starken* und *frischen* in verschiedenen Zellen eines Troges oder in verschiedenen Trögen einer Batterie angewandt werden. In allen Zellen muſs die Flüssigkeit gleich seyn; sonst unterstützen die Platten in den schwächeren Zellen nicht die in den stärkeren Zellen erzeugte und durch sie durchgelassene Elektricität, sondern verzögern ihren Durchgang. Jede so beschaffene Zinkplatte muſs in der Zersetzungskraft unterstützt werden, ehe der Gesammtstrom zwischen ihr und der Flüssigkeit übergehen kann. Wenn z. B. in einer Batterie von funfzig Plattenpaaren zehn der Zellen eine schwächere Ladung erhalten als die übrigen, so ist es eben so, wie wenn zehn Zersetzungsplatten dem Uebergang des Stroms von vierzig erzeugenden Plattenpaaren entgegengestellt würden (1031). Hieraus der namhafte Kraftverlust, und dieſs der Grund, warum, wenn die zehn Plattenpaare fortgenommen werden, die übrigbleibenden vierzig Paare stärker wirken als alle funfzig.

Digitized by Google

1043) Fünf solcher Tröge, jeder von zehn Plattenpaaren, wurden vorgerichtet, vier von ihnen mit einer guten gleichmäfsigen Ladung von Säure, und die fünfte mit der theilweis neutralisirten Säure einer gebrauchten Batterie. Nachdem sie richtig geordnet und mit einem Volta-Elektrometer (711) verbunden worden, lieferten die sämmtlichen funfzig Plattenpaare 1,1 Kubikzoll Sauerstoff und Wasser in einer Minute. Als aber einer der Verbindungsdrähte fortgenommen wurde, so dafs nur vier Tröge die Batterie ausmachten, erzeugten diese mit demselben Volta-Elektrometer und in derselben Zeit 8,4 Kubikzoll Gas. Fast sieben Achtel von der Kraft der vier Tröge war also durch deren Verknüpfung mit dem fünften Trog verloren gegangen.

1044) Nach diesem Gebrauche wurde dieselbe Batterie mit einem Volta-Elektrometer (711) so verbunden, dafs durch ein rasches Wechseln der Verbindungsdrähte der Strom der ganzen Batterie oder eines Theils von ihr nach einander eine gegebene Zeit lang durch das Instrument geleitet werden konnte. Die ganze Batterie entwickelte in einer halben Minute 0,9 Kubikzoll Sauerstoff und Wasserstoff; die vierzig Platten entwickelten in derselben Zeit 4,6 Kubikzoll. Darauf entwickelten in einer halben Minute die sämmtlichen Platten 1,0 Kubikz., dann die zehn schwach geladenen 0,4 Kubikz., und endlich wieder die sämmtlichen: 1,5 Kubikzoll. Diese Resultate zeigen genugsam den schädlichen Einflufs der Verknüpfung starker und schwacher Ladungen zu Einer Batterie [1]).

1045) Aus ähnlichem Grunde mufs die Verknüpfung von *starken* und *schwachen* Plattenpaaren sorgfältig vermieden werden. Ein Plattenpaar von Kupfer und Pla-

1) Die allmälige Zunahme der Wirkung sämmtlicher funfzig Plattenpaare rührte davon her, dafs bei dem Durchgang des Stroms durch den schwach geladenen Trog die Temperatur und damit auch die erregende Kraft der Flüssigkeit daselbst erhöht werde.

Digitized by Google

tin mit einem Plattenpaar von Zink und Platin *übereinstimmend* in verdünnte Schwefelsäure getaucht, hemmte die Wirkung des letzteren, und selbst zwei solcher Paare, fast eben so stark als eine Zwischenplatte von Platin (1011), oder wie wenn das Kupfer selbst Platin gewesen wäre. In der That wurde es eine zersetzende Zwischenplatte, und deshalb mit dem Platin, statt eines unterstützenden, ein verzögerndes Paar.

1046) Eine *Umkehrung* der Platten in der Batterie, zufällig oder nicht, hat einen ungemein schädlichen Einfluſs. Nicht bloſs, daſs die umgekehrten Platten einen Gegenstrom zu erzeugen vermögen, sondern auch sie wirken hemmend als indifferente Platten, und verlangen an ihrer Oberfläche die Vollziehung einer Zersetzung *übereinstimmend* mit dem Lauf des Stroms, ehe dieser übergehen kann. Sie widersetzen sich also dem Strom zunächst, wie es Platin als Zwischenplatten thun würde (1011 bis 1018), und fügen eine Widerstandskraft als voltasche Gegenplatten hinzu. Ich finde, daſs wenn man in einer Reihe von vier Plattenpaaren aus Zink und Platin in verdünnter Schwefelsäure eins derselben umgekehrt, dadurch fast die Kraft des Ganzen aufgehoben wird.

1047) Es giebt noch manche andere Ursachen zur Rückwirkung, Verzögerung und Unregelmäſsigkeit in der voltaschen Batterie. Unter ihnen ist die nicht ungewöhnlichste die Fällung des Kupfers auf das Zink in der Zelle, auf deren Schädlichkeit bereits früher (1006) aufmerksam gemacht wurde. Ihr Interesse ist indeſs wohl nicht groſs genug, um eine weitere Verlängerung dieser mehr auf die Theorie als auf die practische Anwendung der voltaschen Säule gerichteten Abhandlung zu rechtfertigen.

Zusatz. — Viele der Ansichten und Versuche in dieser Reihe meiner Experimental-Untersuchungen berichtigen und erweitern, wie man sehen wird, die Theorie der elektro-chemischen Zersetzung, welche ich in der fünften und siebenten Reihe gegeben habe. Die Aus-

Digitized by Google

drücke, welche ich jetzt ändern würde, sind die in Bezug auf die Unabhängigkeit der entwickelten Elemente zu den Polen oder Elektroden und die Beziehung ihrer Entwicklung zu gänzlich inneren Kräften (524. 537. 661). Die gegenwärtige Abhandlung zeigt meine Ansichten vollständig, und ich verweise dieserhalb auf die Paragraphen 891. 904. 910. 917. 918. 947. 963. 1007. 1031 u. s. w. Ich hoffe, dieser Zusatz möge vor der Hand als Berichtigung für hinlänglich erachtet werden. Eine Revision der ganzen Theorie von der elektro-chemischen Zersetzung möchte ich lieber aufschieben, bis ich klarer einsehe, wie die in Rede stehende Kraft manchmal als verbunden mit Körpertheilchen und ihnen chemische Anziehung gebend, manchmal dagegen als freie Elektricität zu erscheinen vermag (433. 957) [1]).

Royal Institution. — 31. März 1834.

1) Im Januarheft der *Annales de chimie et de physique* von diesem Jahre befindet sich ein kurzer Aufsatz von Hrn. Matteucci in Florenz, welchen Alle die, welche den wichtigen Untersuchungen des Hrn. Faraday gefolgt sind, nicht ohne Befremden werden lesen können, indem sie darin den Verfasser mit nichts Geringerem als der Entdeckung der festen elektrolytischen Action auftreten sehen, in ähnlicher, aber mangelhafterer Weise nachgewiesen, wie es von dem englischen Physiker geschehen ist. Hrn. Matteucci's Aufsatz datirt vom October 1834, Hrn. Faraday's siebente Abhandlung dagegen vom 1. Dec. 1833, ja dessen vierte Abhandlung, worin das nämliche Gesetz bereits ganz deutlich ausgesprochen ist, gar schon vom 15. April desselben Jahres. Wem von beiden hier also die Ehre der Priorität gebühre, liegt klar am Tage. Möglich, wenngleich nicht sehr wahrscheinlich, dafs die Arbeiten des Auslandes so spät zur Kenntnifs der Florentiner Physiker gelangen (man erinnere sich nur, wie schnell ihnen die Kunde von der Magneto-Elektricität zugekommen ist); — wie aber in Paris die Entdeckung Faraday's so unbekannt seyn (oder ignorirt werden) kann, dafs daselbst ein Jahr hernach der Aufsatz des Hrn. Matteucci ohne irgend eine Bemerkung in's Publicum gebracht wird, ist in der That unbegreiflich. Der Wissenschaft freilich gilt es gleich, durch wen sie erweitert wird (wiewohl Keiner diesen Satz anerkennt, sobald er selbst dabei betheiligt ist); — aber eine so wichtige Entdeckung, wie die letztere des Hrn. Faraday, unstreitig der einzige wahre Fortschritt in unserer Kenntnifs von der chemischen Wirksamkeit der Elektricität seit dem Jahre 1800, dem Jahre der Entdeckung der Wasserzersetzung durch die Säule, — eine solche Entdeckung fordert doch wohl zu einigem Dank gegen ihren Urheber auf, und die öffentliche Anerkennung seiner wohl begründeten Prioritätsrechte ist sicher der geringste Dank, den man ihm bringen kann. *P.*

Digitized by Google

III. *Ueber die isochromatischen Curven der einaxigen Krystalle;* *vom Dr. J. Müller in Darmstadt.*

(Schlufs.)

III. Isochromatische Curven in gekreuzten einaxigen Krystallplatten, welche unter einem Winkel von 45° gegen die Axe geschnitten sind.

Legt man zwei einaxige Krystallplatten, deren Oberflächen einen Winkel von 45° mit ihren optischen Axen machen, so auf einander, dafs die Projection der optischen Axe der einen Platte auf eine der Oberflächen einen rechten Winkel mit der Projection der optischen Axe der andern Platte auf dieselbe Oberfläche macht, und bringt man alsdann die so combinirten Platten zwischen gekreuzte Turmaline, so dafs die Projectionen der Axen einen Winkel von 45° mit den Polarisationsebenen der Turmaline machen, so beobachtet man, wenn man gewöhnliches weifses Licht einfallen läfst, *gerade farbige Streifen, die mit der Polarisationsebene des einen der beiden Turmaline parallel laufen.*

Erklärung dieser Erscheinung. Zuvörderst wollen wir den Weg näher betrachten, welchen die Strahlen, durch deren Interferenz die Streifen gebildet werden, zu durchlaufen haben. Der ordinäre Strahl $o'e$, Fig. 10 Taf. II, welcher beim Eintritt in den Krystall durch die Spaltung des polarisirten Strahles so' entstanden ist, trifft in e die zweite Krystallplatte; da aber der Hauptschnitt der zweiten Platte einen rechten Winkel mit dem der ersten Platte macht, so wird er nicht abermals gespalten, jedoch wird er nun extraordinär gebrochen, und zwar ist seine Richtung nach dieser zweiten Brechung

dieselbe, wie die des extraordinären Strahles seyn würde, der entstände, wenn parallel mit so' ein Strahl unmittelbar aus der Luft in die zweite Platte getroffen hätte. Es sey ec die Richtung des Strahls nach dieser zweiten Brechung, der nun bei c parallel mit so' nach cd hin austritt. Ein anderer Strahl re', der mit so' parallel, und in einer und derselben Ebene polarisirt ist, wird beim Eintritt in die untere Krystallplatte ebenfalls gespalten, der extraordinäre Strahl $e'o$ trifft in o die obere Platte, wird durch dieselbe ordinär nach oc gebrochen, und tritt bei c ebenfalls in der Richtung cd aus. Es kommt nun darauf an zu bestimmen, um wie viel der eine der beiden in c zusammentreffenden Strahlen dem andern vorangeeilt ist.

Wenn h, Fig. 10 Taf. II, der Durchschnittspunkt einer durch den Punkt o' gehenden, und senkrecht auf der Richtung des Strahls so' stehenden Ebene mit dem Strahl re' ist, so hat man, um den Werth von Θ für den gegenwärtigen Fall zu bestimmen, die Anzahl der Wellenlängen, die auf dem Wege $o'ec$ liegen, von der Anzahl der auf dem Wege $he'oc$ liegenden abzuziehen.

Es sey, wie früher, die Projection der optischen Axe der Krystallplatte $ABCD$ auf die Oberfläche AB die Axe der y; die in der Ebene AB senkrecht auf der Axe der y stehende Linie die Axe der x, und ein auf der Ebene AB errichtetes Perpendikel endlich die Axe der z. Macht nun die Richtung des Strahls dc einen Winkel i mit der Axe z, und seine Projection auf die Ebene der xy einen Winkel a mit der Axe der x, so ist die Anzahl der Wellenlängen, die auf dem Wege ce liegen, dieselbe, die wir früher schon mit $\frac{D_e}{\lambda_e}$ bezeichneten, deren Werth die Gleichung bei (4) giebt. Eben so ist $\frac{D_o}{\lambda_o}$, dessen Werth in Gleichung bei (5) steht, die Anzahl der Wellenlängen, die auf dem Wege co

liegen. Die Coordinaten der Austrittspunkte *e* und *o*, bezogen auf den Punkt *c* als Anfangspunkt der Coordinaten, sind dieselben, wie die, welche wir oben mit x_o, y_o, z_o und mit x_e, y_e, z_e bezeichneten.

Nach den früheren Bemerkungen ist die Richtung des Strahls oe' dieselbe, wie wenn ein Strahl parallel mit dc unmittelbar aus der Luft die untere Platte in o träte und extraordinär gebrochen würde. Denken wir uns nun ein neues Coordinatensystem durch den Punkt o gelegt, und bezeichnen wir die Coordinaten dieses Systems zum Unterschiede von den früheren mit x', y', z'. Die Ebene CD sey die Ebene der x', y', die Projection der optischen Axe der Platte $CDEF$ auf diese Ebene die Axe der y', auf diese senkrecht stehe in der Ebene CD die Axe der x', und senkrecht auf dieser Ebene die Axe der z'. Die Projection nun des oben besprochenen, parallel mit dc einfallenden Strahls, auf die Ebene der $x'y'$ macht einen Winkel $90° - a$ mit der Axe der x' und einen Winkel i mit der Axe der z'. Die Bestimmungsstücke für die Anzahl der Wellenlängen, die auf dem Wege oe' liegen und für die Coordinaten x'_e, y'_e, z'_e des Austrittspunktes e', sind also ganz dieselben wie für $\frac{D_e}{\lambda_e}$ und für x_e, y_e, z_e, nur mit dem Unterschiede, dafs der Winkel, welcher früher a war, nun $90° - a$ ist. Wir erhalten demnach $\frac{D'_e}{\lambda'_e}$ und x'_e, y'_e, z'_e dadurch, dafs wir in den Werthen von $\frac{D_e}{\lambda_e}$, x_e, y_e, z_e überall a mit $90° - a$ vertauschen. Wenn die beiden Platten von ungleicher Dicke sind, so mufs auch die Dicke T der ersten Platte mit der Dicke T' der andern vertauscht werden; wir wollen indessen unsere Untersuchungen nur auf gleich dicke Platten ausdehnen, für uns bleibt also T unverändert.

Die Anzahl $\frac{D'_o}{\lambda'_o}$ der Wellenlängen, die auf dem Wege co' liegen, und die Coordinaten x'_o, y'_o, z'_o des Punktes o', bezogen auf den Punkt e, als Anfangspunkt der Coordinaten, erhält man ebenfalls durch die Vertauschung von a mit $90^\circ - a$ in den Werthen von $\frac{D_o}{\lambda_o}$, x_o, y_o, z_o.

Der Werth von Θ für unseren Fall ist:

$$\Theta = P + \left(\frac{D_o}{\lambda_o} + \frac{D'_e}{\lambda'_e}\right) - \left(\frac{D'_o}{\lambda'_o} + \frac{D_e}{\lambda_e}\right).$$

Es ist aber $\frac{D_o}{\lambda_o} = \frac{D'_o}{\lambda'_o}$ und $\frac{D_e}{\lambda_e} = \frac{D'_e}{\lambda'_e}$, weil in den Werthen von $\frac{D_o}{\lambda_o}$ und $\frac{D_e}{\lambda_e}$ a gar nicht vorkommt, und also diese Werthe sich nicht ändern können, wenn man a mit $90^\circ - a$ vertauscht. Es reducirt sich demnach Θ auf

$$\Theta = P,$$

wo P noch seine frühere Bedeutung hat, nämlich die Entfernung des Punktes h vom Punkte e', gemessen durch die Länge einer Lichtwelle in der Luft.

Bezeichnen wir mit X_o, Y_o, Z_o die Coordinaten des Punktes o', und mit X_e, Y_e, Z_e die des Punktes e', bezogen auf das durch den Punkt c gelegte Coordinatensystem, dessen Coordinaten wir bisher im Allgemeinen mit x, y und z bezeichneten, so ist dem früheren Fall entsprechend:

$$P = [(X_e - X_o) \cos a + (Y_e - Y_o) \sin a] \sin i.$$

Zur Bestimmung der Werthe von X_e, X_o, Y_e, Y_o haben wir noch folgende Betrachtungen anzustellen.

Es sey fg, Fig. 11 Taf. II, die Projection der optischen Axe der oberen Platte $ABCD$ auf die Ebene AB, so ist fg die Axe der y, hi die Axe der x. Das befiederte Ende des Pfeils sey die Projection des der Fläche AB zugekehrten, die Spitze des Pfeils die Projection des von

Digitized by Google

der Fläche AB abgewandten Endes der optischen Axe; wir wollen nun annehmen, daſs die positiven y von c nach f hin, die positiven x aber von c nach i hin, also links von fg, wenn man nach der Spitze hin sieht, gezählt werden. Wenn hi zugleich die Projection der optischen Axe der unteren Platte ist, und durch den Pfeil dieselben Beziehungen hinsichtlich der Lage dieser Axe zu der Oberfläche ausdrückt, so ist hi der Axe der y', fg der Axe der x' parallel, und zwar liegen die positiven y' von c nach h hin, die positiven x' von c nach f hin. Wir sehen also, daſs die Richtung der positiven x mit der der negativen y', und die Richtung der positiven y mit der der positiven x' zusammenfällt, wenn die Lage der beiden optischen Axen der Zeichnung in Fig. 11 Taf. II entspricht; es ist demnach für diesen Fall

$$X_o = x_o - y'_e \qquad Y_o = y_o + x'_e$$
$$X_e = x_e - y'_o \qquad Y_e = y_e + x'_o.$$

Wäre die Lage der optischen Axe der unteren Platte der Art, daſs in Fig. 11 die Spitze des Pfeils in h, das befiederte Ende in i zu liegen käme, so fiele nun die Richtung der positiven x mit der der positiven y', die Richtung der positiven y aber mit der der negativen x' zusammen, und man hätte alsdann:

$$X_o = x_o + y'_e \qquad Y_o = y_o - x'_e$$
$$X_e = x_e + y'_o \qquad Y_e = y_e - x'_o.$$

Es ist demnach:

$$\left.\begin{array}{l} P = [(x_o \mp y'_e - x_e \pm y'_o) \cos a \\ \qquad + (y_o \pm x'_e - y_e \mp x_o') \sin a] \sin i \end{array}\right\} \quad (10)$$

wo die oberen Zeichen für die zuerst betrachtete Lage der optischen Axe der unteren Platte, die untere für die zuletzt betrachtete Lage gelten. Will man in der Entwicklung des Werthes von P bei der ersten Potenz von $\sin i$ stehen bleiben, so kann man innerhalb der Klammer alles vernachlässigen, was noch mit dem Factor $\sin i$ behaftet ist, da ja ohnehin der ganze Ausdruck von P mit $\sin i$ multiplicirt ist. Die Werthe von x_o, y_o, x'_o,

Digitized by Google

y'_0, x_0 und x'_0 sind aber alle noch mit $\sin i$ multiplicirt, der Werth von P reducirt sich also auf:

$$P = [\mp y'_0 \cos a - y_0 \sin a] \sin i.$$

Nach dem Vorhergehenden aber ist:

$$y'_0 = y_0 = \frac{T(A^2 - B^2)}{A^2 + B^2},$$

wenn in den Werthen von y'_0 und y_0 alles vernachlässigt wird, was mit $\sin i$ multiplicirt ist. Es ist demnach endlich:

$$\Theta = \frac{T(A^2 - B^2)}{A^2 + B^3} (\sin a \pm \cos a) \sin i \;\ldots\; (11)$$

Setzt man diesen Werth von Θ einer Constanten gleich, so erhält man eine Gleichung zwischen den Veränderlichen i und a, die offenbar, wenn sie auf dieselbe Weise gedeutet wird,' wie es oben mit dem Werthe von Θ in Gleichung bei (6) geschehen ist, die Polargleichung einer geraden Linie ist, welche mit derjenigen parallel läuft, die den Winkel fch halbirt, wenn das obere Zeichen gilt; nimmt man das untere Zeichen, so ist sie die Gleichung einer geraden Linie, welche mit der den Winkel fci halbirenden parallel läuft. *Die isochromatischen Curven also, welche man in diesem Falle sieht, sind geradlinige Streifen, welche mit der Polarisationsebene der einen der beiden Turmalinplatten parallel laufen, und zwar mit derjenigen, welche den rechten Winkel halbirt, den die Projectionen der entsprechenden Theile der optischen Axen beider Platten mit einander machen*, ganz also der obigen Aussage gemäfs, wie es in Fig. 11 Taf. II dargestellt ist.

Durch ganz dem Früheren analoge Betrachtungen findet man, dafs der Sehwinkel w, unter welchem die Breite der Streifen dem Auge erscheint, ist:

$$w = arc\left(\sin = \frac{(A^2 + B^2)\sqrt{2}}{(A^2 - B^2)\,T}\right)$$

oder in Worten: der Sinus des Winkels, unter welchem die Breite der Streifen dem Auge erscheint, wird

erhalten, wenn man den Sinus des Sehwinkels, unter welchem die Breite der Streifen jeder einzelnen Platte in homogenem Lichte erscheinen würde, mit $\sqrt{2}$ multiplicirt. Es folgt daraus, daſs die Breite der Streifen auch hier gleich bleibt. Der Sehwinkel, unter welchem die Breite der Streifen bei zwei gekreuzten Kalkspathplättchen, deren jedes $\frac{2}{10}$ Linien dick ist, erscheint, ist demnach 7 bis 8 Minuten; für zwei gekreuzte Quarzplatten von der Dicke einer Linie beträgt dieser Winkel ungefähr 2° 50'.

Setzen wir in Gleichung bei (1) $\alpha = 90°$, $\varphi = 45°$, betrachten wir also unsere combinirten Platten zwischen gekreuzten Turmalinen. Für $a = 135°$ (wenn wir in Gleichung bei (11) das obere Zeichen nehmen) wird der Werth von Θ, und mit diesem der Werth von I zu Null; daraus geht hervor, daſs durch den Mittelpunkt c des ganzen Systems ein *dunkler* Streifen geht; es ist dieſs, was für eine Gröſse wir auch als Längeneinheit annehmen mögen, also für alle Farben der Fall. Aus dem Werthe von w in Gleichung bei (12) aber ist ersichtlich, daſs die Streifen für rothes Licht am breitesten, für violettes Licht aber am schmälsten sind, weil T, gemessen durch die Länge einer rothen Lichtwelle, einer kleineren, durch die Länge einer violetten Lichtwelle aber einer gröſseren Zahl gleich ist. Die dunkeln Streifen der verschiedenen Farben fallen also, den mittleren ausgenommen, nicht mehr zusammen. Da aber, wie bei den Newton'schen Farbenringen das Zurückgebliebene der interferirenden Strahlen gegen einander von Null an wächst, so wird das Uebereinanderfallen der Streifensysteme der verschiedenen einzelnen Farben Streifen bilden, die von dem mittleren schwarzen Streifen rechts und links nach der Newton'schen Scale auf einander folgen.

Wenn der Zerlegungsturmalin um 90° gedreht wird, so daſs also die Polarisationsebenen der beiden Turmaline einander parallel sind, so wird der mittlere Streifen weiſs erscheinen, und überhaupt werden die Farben der

Digitized by Google

Streifen complementar zu denen seyn, die man bei gekreuzten Turmalinen sah.

Die beiden Platten müssen durchaus von ganz gleicher Dicke seyn, wenn der mittlere Streif bei gekreuzten Turmalinen schwarz erscheinen soll. Sehr nett kann man die Erscheinung hervorbringen, wenn man ein sehr dünnes, von einem Kalkspathrhomboëder abgespaltenes Plättchen in zwei Theile theilt, und alsdann diese durch diese Theilung erhaltenen vollkommen gleich dicken Plättchen in der gehörigen Lage zwischen die Turmaline bringt; um jedoch die Ordnung der Farben genauer zu beobachten, sind die Streifen, welche man sehen wird, zu fein, zu diesem Zwecke wird man am besten Bergkrystall anwenden können.

IV. Isochromatische Curven, welche man in gekreuzten Platten einaxiger Krystalle sieht, deren Oberflächen der optischen Axe parallel sind.

Legt man zwei gekreuzte, parallel mit der optischen Axe geschnittene Kalkspathplatten so zwischen zwei gekreuzte Turmaline, dafs die Polarisationsebene der Turmaline die rechten Winkel halbiren, welche durch die optischen Axen gebildet werden, so sieht man, wenn gewöhnliches weifses Licht einfällt, *farbige hyperbolische Curven*, deren Gestalt in Fig. 9 Taf. II abgebildet ist, *nur mit dem Unterschiede, dafs der Asymptotenwinkel immer ein rechter bleibt.* Die Asymptoten fallen mit den Polarisationsebenen der Turmaline zusammen.

Erklärung. Der Gang der Berechnung von Θ ist in diesem Falle ganz dem im vorigen Abschnitt befolgten entsprechend. Es seyen $ABCD$ und $CDET$ die beiden parallel mit der Axe geschnittenen Platten, und, wie früher, die bei c zusammentreffenden Strahlen diejenigen, deren Zurückbleiben gegen einander wir bestimmen wollen. $\frac{D_o}{\lambda_o}$ bezeichne, wie früher, die Anzahl der Wellen-

Digitized by Google

längen, welche zwischen c und o liegen, und $\frac{D_e}{\lambda_o}$ die Zahl derjenigen, welche sich auf dem Wege zwischen c und e befinden. In meiner schon oben erwähnten Abhandlung ist S. 14 gezeigt worden, daſs der Werth von $\frac{D_e}{\lambda_e}$ für Platten, die parallel mit der optischen Axe geschnitten sind:

$$\frac{D_e}{\lambda_e} = \frac{T}{B\sqrt{[1-(A^2 \sin a^2 + B^2 \cos a^2) \sin i^2]}}$$

ist, wenn i den Winkel bezeichnet, den der einfallende Strahl mit einem auf der Oberfläche der Platte errichteten Perpendikel, a aber den bezeichnet, welchen die Projection des einfallenden Strahls auf diese Oberfläche mit einer in dieser Ebene liegenden, auf der optischen Axe senkrecht stehenden Linie macht. T, B und A haben hier ganz die bisherige Bedeutung.

Setzt man in diesem Ausdruck überall A statt B, so erhält man:

$$\frac{D_o}{\lambda_o} = \frac{T}{A\sqrt{[1-A^2 \sin i^2]}}.$$

Dem Raisonnement des vorigen Abschnitts gemäſs erhalten wir den Werth von $\frac{D'_e}{\lambda'_e}$, d. h. die Anzahl der Wellenlängen, welche auf dem Wege zwischen o und c' liegen, wenn wir in dem Werthe von $\frac{D_e}{\lambda_e}$ $90^\circ - a$ statt a setzen. Durch dieselbe Vertauschung erhalten wir aus dem Werthe von $\frac{D_o}{\lambda_o}$ den Werth von $\frac{D'_o}{\lambda'_o}$, d. h. die Anzahl der Wellenlängen, welche zwischen e und o' liegen. Man erhält auf diese Weise:

$$\frac{D'_e}{\lambda'_e} = \frac{T}{B\sqrt{[1-A^2 \cos a^2 + B^2 \sin a^2) \sin i^2]}}$$

$$\frac{D'_o}{\lambda'_o} = \frac{T}{A\sqrt{[1-A^2 \sin i^2]}}.$$

Digitized by Google

Bezeichnen wir, wie früher, mit x_o, y_o, z_o die Coordinaten des Punktes o, mit x_e, y_e, z_e die des Punktes e, bezogen auf den Punkt c als Anfangspunkt der Coordinaten. Die Ebene der xy des Coordinatensystems, auf welches diese Coordinaten zu beziehen sind, falle, wie früher, mit der Oberfläche des Krystalls zusammen, die optische Axe des Krystalls sey die Axe der y, auf dieser perpendiculär stehe die Axe der x, die natürlich in die Oberfläche des Krystalls fällt, und die Axe der z, welche auf dieser Oberfläche senkrecht steht. Legen wir durch den Punkt o ein neues Coordinatensystem, und bezeichnen wir die auf dieses System bezogenen Coordinaten mit x', y', z'. Wenn die Richtung der optischen Axe der zweiten Platte, die zugleich die Axe der y' seyn soll, einen rechten Winkel mit der optischen Axe der anderen Platte macht, so ist die Axe der y' der Axe der x, die Axe der x' aber der Axe der y parallel. Es ist hier kein Grund vorhanden, der uns bestimmen könnte, die positiven x' und y' nach einer bestimmten Richtung hin zu zählen, wie es im vorigen Abschnitt der Fall war; deshalb wollen wir annehmen, dafs die Richtung der positiven x mit der der positiven y', und die Richtung der positiven y mit der der positiven x' zusammenfalle. Bezeichnet man mit x'_e, y'_e, z'_e die Coordinaten des Punkts e', bezogen auf dieses Coordinatensystem, dessen Anfangspunkt in o liegt, und mit x'_o, y'_o, z'_o die Coordinaten des Punktes o', bezogen auf ein diesem paralleles System, dessen Anfangspunkt in e liegt, so ist nach dem Obigen (Gleichung bei 10):

$$P=[(x_o+y'_e-x_e-y'_o)\cos a + (y_o+x'_e-y_e-x'_o)\sin a]\sin i,$$

wo P seine alte Bedeutung hat. Nach der schon citirten Abhandlung, S. 14, ist:

$$x_e=\frac{TB^2 \sin i \cos a}{B\sqrt{[1-(A^2 \sin a^2+B^2 \cos a^2)\sin i^2]}}$$

Digitized by Google

$$y_\bullet=\frac{TA^2\,sin\,i\,sin\,a}{B\sqrt{[1-(A^2\,sin\,a^2+B^2\,cos\,a^2)\,sin\,i^2]}}$$

$$x_\circ=\frac{TA\,sin\,i\,cos\,a}{\sqrt{[1-A^2\,sin\,a^2]}}$$

$$y_\circ=\frac{TA\,sin\,i\,sin\,a}{\sqrt{[1-A^2\,sin\,a^2]}}.$$

Vertauscht man in diesen Werthen überall a mit $90^\circ-a$, so erhält man, nach dem Raisonnement des vorigen Abschnittes, die Werthe von $x'_\circ$, $x'_\bullet$, $y'_\circ$, $y'_\bullet$, nämlich:

$$x'_\bullet=\frac{TB^2\,sin\,i\,sin\,a}{B\sqrt{[1-(A^2\,cos\,a^2+B^2\,sin\,a^2)\,sin\,i^2]}}$$

$$y'_\bullet=\frac{TA^2\,sin\,i\,cos\,a}{B\sqrt{[1-(A^2\,cos\,a^2+B^2\,sin\,a^2)\,sin\,i^2]}}$$

$$x'_\circ=\frac{AT\,sin\,i\,sin\,a}{\sqrt{[1-A^2\,sin\,i^2]}}$$

$$y'_\circ=\frac{AT\,sin\,i\,cos\,a}{\sqrt{[1-A^2\,sin\,i^2]}}.$$

Man sieht auf den ersten Blick, dafs in dem Ausdruck für P bei der Substitution dieser Werthe $x_\circ$ sich gegen $y'_\circ$, und $x'_\circ$ gegen $y_\circ$ hebt; P reducirt sich demnach auf:

$$P=[(y'_\bullet-x_\bullet)\,cos\,a+(x'_\bullet-y_\bullet)\,sin\,a]\,sin\,i.$$

Substituirt man für $y'_\bullet$, $x_\bullet$, $x'_\bullet$ und $y_\bullet$ die obigen Werthe in diesem Ausdruck für P, und entwickelt man alsdann denselben nach steigenden Potenzen von $sin\,i$, so ist $sin\,i^2$ die niedrigste Potenz von $sin\,i$, welche in der Entwicklung vorkommt; vernachlässigt man alle höheren Potenzen von $sin\,i$ gegen die zweite, so wird:

$$P=\frac{T}{B}(A^2-B^2)(1-2\,sin\,a^2)\,sin\,i^2.$$

Es ist aber nun:

$$\Theta=P+\left(\frac{D_\circ}{\lambda_\circ}+\frac{D'_\bullet}{\lambda'_\bullet}\right)-\left(\frac{D_\bullet}{\lambda_\bullet}+\frac{D'_\circ}{\lambda'_\circ}\right).$$

Digitized by Google

Aus den obigen Werthen von $\frac{D_o}{\lambda_o}$ und $\frac{D'_o}{\lambda'_o}$ geht hervor, dafs sie bei der Substitution in den eben angeführten Werth von Θ sich gegenseitig aufheben, es reducirt sich demnach Θ auf:

$$\Theta = P + \frac{D'_e}{\lambda'_o} - \frac{D_e}{\lambda_o}.$$

Substituirt man für P, $\frac{D'_e}{\lambda'_o}$, $\frac{D_e}{\lambda_e}$ ihre eben angeführten Werthe, so wird endlich, wenn man alles nach steigenden Potenzen von $\sin i$ entwickelt und bei der zweiten stehen bleibt:

$$\Theta = \frac{T(A^2 - B^2)}{2B}(1 - 2\sin a^2)\sin i^2.$$

Da für negative Krystalle $B > A$, so giebt diese Gleichung, wenn Θ einer positiven Constanten gleichgesetzt wird, nur so lange reelle Werthe für $\sin i$, als a gröfser als 45° bleibt; alsdann aber ist sie, wenn sie ganz auf dieselbe Weise gedeutet wird, wie die früher betrachteten Werthe von Θ, die Polargleichung einer gleichseitigen Hyperbel, die innerhalb des Asymptotenwinkels lcm und seines Verticalwinkels liegt. Wird aber Θ einer negativen Constante gleichgesetzt, so wird diese Gleichung die Polargleichung einer gleichseitigen Hyperbel, welche innerhalb des Asymptotenwinkels lco und seines Verticalwinkels liegt. Bei positiven Krystallen ist es umgekehrt, für diese hat $\sin i$ nur so lange reelle Werthe, wenn Θ einer positiven Constanten gleich gesetzt wird, als a kleiner als 45° ist, Wird aber Θ einer negativen Constanten gleich gesetzt, so mufs a gröfser als 45° seyn, wenn $\sin i$ reelle Werthe haben soll. Mögen aber nun die Krystalle positiv oder negativ seyn, so ersieht man aus unserem Werth von Θ, dafs das Curvensystem, welches man beobachtet, *aus lauter gleichseitigen Hyperbelästen besteht, die in den vier rechten Winkeln liegen, unter welchen sich die Polarisationsebe-*

Digitized by Google

ebenen der Turmaline schneiden, ganz wie es oben ausgesagt wurde.

Der Ausdruck bei (1) wird, wenn die Turmaline gekreuzt sind: wenn also $\alpha=90^\circ$, $\varphi=45^\circ$ ist zu Null, sobald man $a=45^\circ$ oder 135°, wodurch $\Theta=0$ wird; diefs zeigt ein schwarzes Kreuz an, welches mit den Asymptoten zusammenfällt.

Man wird aus den obigen Formeln leicht ableiten können, dafs der Sehwinkel w, unter welchem die Halbaxe cb der innersten dunkeln Hyperbel dem Auge erscheint, ist:

$$w = arc\left(sin = \sqrt{\frac{2B}{T(A^2-B^2)}}\right)$$

denn setzt man $a=0$ und läfst nun i von 0 an wachsen, so wird auch Θ, und mit Θ auch I wachsen, bis letzteres sein Maximum erreicht hat, wenn Θ um $\frac{1}{2}$ gewachsen ist. Läfst man nun i noch weiter wachsen, so wird zwar Θ auch immer noch zunehmen, I aber nimmt ab, und erreicht wieder sein Minimum, wenn $\Theta=1$ geworden ist; was alsdann der Fall ist, wenn i von 0 bis zu dem obigen Werth von w zugenommen hat.

Die Quadrate der Halbaxen cb, cd, ce u. s. w. verhalten sich wie $1:2:3$ u. s. w., folglich verhalten sich diese Halbaxen selbst wie $1:\sqrt{2}:\sqrt{3}$, woraus hervorgeht, dafs die Entfernung einer dunkeln Curve von der andern um so kleiner wird, je weiter beide sich vom Mittelpunkte entfernen. Für verschiedene Farben ist natürlich auch die Breite der Curven verschieden, jedoch entsteht durch das Uebereinanderfallen der verschiedenfarbigen Curven, wenn man weifses Licht anwendet, ein farbiges Curvensystem, da ja Θ, wie das im vorigen Abschnitt betrachtete, mit i von 0 an wächst. Die Ordnung, in welcher die Farben von dem Mittelpunkt c nach irgend einer Richtung hin auf einander folgen, ist die der Newton'schen Farbenscale.

Substituirt man in dem Werthe von w für A: 0,6,

Digitized by Google

für *B* 0,67, für *T*: 4500, so erhält man den Sehwinkel unter welchem *cb* dem Auge in gekreuzten Kalkspathplatten erscheint, deren jede eine Linie dick ist, wenn man homogenes gelbes Licht anwendet. Man findet für diesen Fall $w = 3^{\circ}\ 30'$. Für Bergkrystall werden auch noch bei sehr dicken Platten die Curven so grofs, dafs man das ganze System gar nicht übersehen kann.

Aus dem Werthe von w läfst sich auch noch herleiten, dafs die Breite der Curven für verschiedene Platten, unter sonst gleichen Umständen, sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus den Dicken derselben verhalten.

Kalkspath ist, die Schwierigkeiten der Bearbeitung abgerechnet, derjenige Krystall, welcher sich am meisten zur Anstellung dieses Versuches eignet. Man kann in verschiedenen Richtungen gegen die Oberflächen eines Kalkspathrhomboëders Schnittflächen legen, die der optischen Axe desselben parallel sind, am vortheilhaftesten aber mag es wohl seyn, die Schnittflächen so zu legen, dafs sie der Ebene parallel sind, welche man durch zwei einander gegenüberstehende stumpfe Kanten des Rhomboëders legen kann. Dafs es grofse Schwierigkeiten hat, eine Kalkspathplatte gehörig parallel mit der optischen Axe, und mit gehörig parallelen Oberflächen zu schneiden und zu poliren, ist schon oben bemerkt worden; doppelt schwierig aber ist es zwei Platten von ganz gleicher Dicke und der erforderlichen Vollkommenheit zu bearbeiten. Der letzteren Schwierigkeit kann man dadurch entgehen, dafs man eine Platte nach der eben angegebenen Richtung schneidet und vollkommen bearbeitet; man hat alsdann den Vortheil, die Platte senkrecht auf die Schnittfläche spalten zu können, und durch eine solche Spaltung sich zwei vollkommen gleich dicke Platten zu verschaffen.

Digitized by Google

In allen den vier betrachteten Fällen, dachten wir uns immer den Krystall zwischen gekreuzte Turmaline oder zwischen solche gelegt, deren Polarisationsebenen einander parallel sind. Wir wollen nun sehen was für Veränderungen die Curvensysteme dadurch erleiden, daſs man dem Zerlegungsturmalin andere Stellungen giebt als diese beiden. In den beiden betrachteten Fällen hatte α den Werth 0 oder 90°, giebt man aber dem Zerlegungsturmalin irgend eine andere Stellung, so bekommt α einen anderen Werth; dadurch aber ändert sich Θ durchaus nicht, woraus folgt, daſs die Gestalt des Curvensystems sich durchaus nicht ändert, der Zerlegungsturmalin mag eine Lage erhalten, welche man will. Der Werth von I bei (1) aber nimmt, unabhängig von Θ, um so mehr ab, je mehr α von 0 an wächst; wird endlich $\alpha = 45^\circ$, so verschwindet aus dem Werthe von I derjenige Theil ganz, welcher mit Θ behaftet ist, und I reducirt sich auf $\frac{c^2}{2}$; wächst nun α noch weiter, so nimmt I wieder zu, bis endlich $\alpha = 90^\circ$ geworden ist. Daraus folgt nun, daſs die Gestalt der Curven zwar unverändert bleibt, daſs aber die Intensität derselben abnimmt, wenn man den Zerlegungsturmalin aus der Lage dreht, welche $\alpha = 0$ entspricht. Sobald der Turmalin um 45° gedreht worden ist, verschwinden alle Curven, das ganze Gesichtsfeld aber erscheint dabei nicht ganz dunkel. Bei fortgesetzter Drehung werden die Curven wieder sichtbar, und nehmen an Glanz zu bis der Zerlegungsturmalin um 90° gedreht worden ist. Die Systeme, welche man in den Lagen $\alpha = 0$ und $\alpha = 90^\circ$ des Zerlegungsturmalins sieht, sind einander complementar.

Lassen wir nun die Lage der Turmaline unverändert, während der Krystall zwischen denselben gedreht wird, so wird α in Gleichung bei (1) constant bleiben, φ aber wird sich ändern. Da aber auch bei der Aenderung von φ der Werth von Θ immer derselbe bleibt,

Digitized by Google

so wird auch in diesem Falle die Form der Curven dieselbe bleiben, was man auch den Krystallplatten für eine Lage geben mag; allein die Stellung des Curvensystemes, welches immer seine Lage gegen die optische Axe der Platte beibehält, wird nun in Beziehung auf die Polarisationsebenen der Turmaline eine andere seyn. Dreht man die Krystallplatte von der Rechten zur Linken, so wird auch das ganze Curvensystem nach dieser Richtung sich drehen. Wenn $\alpha = 0$ ist, wenn also die Polarisationsebenen der Turmaline parallel sind, so wird der Werth von I bei (1) wachsen, sobald die Krystallplatte eine andere Lage erhält als die, welche $\varphi = 45^\circ$ entspricht. Hat φ andere Werthe als 45°, so wird I nicht mehr zu Null werden, was auch Θ für Werthe haben mag. Daraus folgt dann, dafs das ganze Gesichtsfeld zwar heller wird, dafs aber auch das Curvensystem immer weniger bestimmt erscheinen wird. Ist $\varphi = 0$ oder 90°, so verschwindet der Theil, welcher mit φ behaftet ist, ganz aus dem Ausdruck für I, welcher alsdann gleich c^2 wird; in diesem Falle wird man also gar keine Curven mehr sehen, das ganze Gesichtsfeld aber wird hell erscheinen. Sind die Turmaline gekreuzt, so wird für einerlei Θ der Werth von I abnehmen, wenn φ nicht mehr gleich 45° ist, ist aber $\varphi = 0$ oder 90°, so wird I unabhängig von Θ, zu Null, also werden auch in diesem Falle die Curven verschwinden; allein das ganze Gesichtsfeld wird nun dunkel erscheinen.

IV. *Ueber den freien Durchgang der strahlenden Wärme durch verschiedene starre und flüssige Körper; von Hrn. Melloni.*

(Schlufs.)

Unter den Aufgaben über den Durchgang der strahlenden Wärme durch starre Körper ist die nächste, welche sich darbietet, die: Zu bestimmen, welchen Einflufs der Grad von Politur auf die Menge der durchgelassenen Strahlen ausübe. Um sie zu lösen, bedarf es weiter nichts, als der Anwendung unserer thermometrischen Methode auf verschiedene Schirme, die in Allem, bis auf den Oberflächenzustand, vollkommen ähnlich sind.

Aus einer 9 Millimeter dicken Tafel sehr reinen Spiegelglases schnitt ich acht Stücke, jedes so grofs, dafs es, auf das Gestell gebracht, die Oeffnung in der Mitte des Schirms verdeckte. Von diesen Stücken schabte ich die Belegung ab, und schliff sie mit Sand, Schmirgel und anderen Substanzen, um so eine Reihe mehr oder weniger glatter Flächen zu haben, vom gröbsten Schliff bis zur feinsten Politur; sämmtlich auf die Dicke 8,371 Millimeter gebracht [1]) und darauf einer Strahlung von 30° des Thermomultiplicators ausgesetzt, gaben sie folgende Resultate:

Ordnungszahl.	Ablenkung d. Galvanomet.	Ordnungszahl.	Ablenkung d. Galvanomet.
1) Klar	5°,38	5) Schielend	14°,79
2) -	6 ,50	6) Etwas schielend	17 ,42
3) -	8 ,66	7) durchscheinend	18 ,79
4) Schielend	12 ,58	8) - -	19 ,15

1) Alle in dieser Abhandlung vorkommenden Messungen kleiner Dicken, wurden mit einem Kaliber (*calibre à pivots*) gemacht, einem doppelten Federzirkel mit ungleichen Schenkeln, wie man

Diese Resultate bieten nichts Ungewöhnliches dar. Die von dem Mittel durchgelassene Wärmemenge ist desto gröfser, je glätter dessen Oberfläche, ganz wie beim Licht. Nur bemerkt man, dafs in den hohen Graden von Politur ein geringer Unterschied sehr wenig Wirkung hat, wie diefs aus den Beobachtungen an No. 7 und 8 erhellt.

Durch ein ähnliches Verfahren läfst sich der Einflufs der Dicke ermitteln, eines Elements, dessen Kenntnifs in der Theorie des Wärmedurchlasses am wesentlichsten ist.

Vier Stücke eines schönen Spiegelglases wurden hinsichtlich der Dicke sehr genau auf die Verhältnisse 1, 2, 3, 4 gebracht, und ihnen vollkommen parallele Flächen mit dem höchst möglichen Grad von Politur gegeben. Die Ablenkungen, welche sie unter der Einwirkung der früheren Strahlung von 30° dem Galvanometerzeiger einprägten, waren folgende:

Dicke d. Glasschirme.	Ablenkungen des Galvanometers.	Entsprechende Kräfte.
2mm,068	21°,625	21,850
4 ,136	20 ,312	20,343
6 ,202	19 ,687	19,687
8 ,272	19 ,375	19,375

Jede Zahl in der zweiten Spalte ist das Resultat von 15 Beobachtungen. Die Zahlen in der dritten Spalte, die in diesem besonderen Fall die Temperaturen oder die Mengen durchgelassener Strahlen vorstellen, sind nach den am Schlusse der allgemeinen Betrachtungen dargelegten Grundsätzen berechnet. Die Kraft oder Temperatur, welche 30° entspricht, ist gemäfs der Intensitätentafel 35,3. Dividirt man also die Zahlen der dritten Tafel

ihn in der Uhrmacherei anwendet. Diefs Instrument mifst Dicken mit vieler Genauigkeit bis auf $\frac{1}{18}$ Linie.

Digitized by Google

durch 35,3, so erhält man die Verhältnisse der durchgelassenen zur einfallenden Strahlung. Der Unterschied zwischen jedem dieser Quotienten und der Einheit giebt den entsprechenden Verlust, d. h. den verhältnifsmäfsigen Theil der aufgefangenen Strahlen. Vollzieht man diese Operationen und stellt durch 1000 die gesammte Strahlung vor, so bekommt man:

Tafel *A*.

Ordnungszahl d. Schirme.	Durchgelass. Strahlen.	Aufgefang. Strahlen.
1	619	381
2	576	424
3	558	442
4	549	451

Denkt man sich den dicksten Schirm getheilt in vier gleich dicke Schichten, so sind die auf sie einfallenden Wärmemengen respective:

1000 619 576 558

und die beim successiven Durchdringen der vier Intervalle verloren gegangenen Mengen:

381 424—381 442—424 451—442

d. h.:

381 43 18 9

Man hat also für die respectiven Verluste, bezogen auf die einfallenden Mengen, die Brüche:

$\frac{381}{1000}$ $\frac{43}{619}$ $\frac{18}{576}$ $\frac{9}{558}$

oder:

0,381 0,071 0,031 0,016

Mithin verringern sich die Verluste sehr rasch in dem Maafse als die Dicke um eine constante Gröfse zunimmt.

Wir haben gesehen, dafs die Wirkung einer Strahlung auf den Thermomultiplicator im Augenblicke der Schliefsung der Kette beginnt, gröfstentheils in den ersten 5 oder 6 Secunden zu Stande kommt, und nach

anderthalb Minuten gänzlich aufhört. Diefs geschieht gleichmäfsig sowohl bei directen Strahlen als bei solchen, die erst nach dem Durchgange durch Schirme von irgend einer Dicke auf die Säule fallen: der beste Beweis von dem strahlenden Durchgang der Wärme durch klare Körper. Wünscht man indefs eine neue Bestätigung dieser Wahrheit, so würde man sie finden in der successiven Abnahme der Verluste, welche die Strahlen beim Durchgang durch verschiedene Schichten eines durchsichtigen Metalls erleiden. Wenn die Wärme, welche Gegenstand unserer Untersuchungen ist, von einer Art Leitung herrührte, würden die Verluste, sobald die Strahlen in das Mittel eingedrungen sind, von einer Schicht zur andern, entweder zunehmen oder gleichbleiben, aber niemals würden sie abnehmen können.

Die abnehmende Progression der Verluste ist übrigens etwas ganz Eigenthümliches der Wärmestrahlung, die darin, wie in vielen anderen Punkten, gänzlich von den Eigenschaften der Lichtstrahlung abweicht. In der That läfst uns Alles glauben, dafs gleich dicke, successive Schichten eines durchsichtigen Mittels eine gleiche Wirkung auf die durchgehenden Lichtstrahlen ausüben, und dafs sie folglich immer eine der Intensität der einfallenden Strahlen proportionale Lichtmenge absorbiren oder reflectiren, d. h. dafs der Verlust der Lichtstrahlung in jeder Schicht von gleicher Dicke gleich grofs ist. In dem besonderen Fall, den wir betrachten, ist die unveränderliche Lichtabnahme in jeder der vier Schichten, in die wir uns den Schirm getheilt denken, entweder Null oder ungemein gering, wegen der vollkommenen Klarheit des Glases; und dennoch erleiden die Wärmestrahlen bei ihren successiven Durchgängen eine Absorption von, zusammengenommen, ungefähr der Hälfte ihres gesammten Betrags, und die Verluste bei jeder Schicht sind nicht constant wie beim Licht, sondern un-

Digitized by Google

ter einander aufserordentlich verschieden, denn sie folgen der Progression der Zahlen 381, 71, 31 und 16.

Der Widerstand durchsichtiger Mittel gegen den unmittelbaren Durchlafs der Wärmestrahlen ist also ganz anderer Art als der Widerstand derselben Mittel gegen die Fortpflanzung des Lichts.

Was auch die Ursache dieses sonderbaren Unterschiedes seyn mag, so lag doch viel daran zu ermitteln, ob er noch in grofsen Abständen von der Eintrittsfläche stattfinde, und diefs geschah durch Wiederholung der Versuche mit weit dickeren Glasschichten als die bisher angewandten.

Zu dem Ende nahm ich mehre Stücke Spiegelglas von St. Gobain und liefs sie umschmelzen; die Operation gelang nicht vollständig. Die Masse sank zusammen und bildete entweder zu dünne Schichten oder füllte sich mit leichten Streifen. Von den dicken Stücken wählte ich das reinste aus; es war 6 Zoll lang; ich theilte es in drei Theile von 1, 2, 3 Zoll Dicke. Die Mängel darin waren durch die ganze Masse gleichmäfsig vertheilt; sie konnten wohl die absolute Menge der durchgegangenen Wärmestrahlen kleiner machen als sie bei einer vollkommen reinen Masse von gleicher Substanz und gleicher Dicke gewesen wäre; allein auf die Progression der Verluste, welche diese Strahlen beim Durchgang der Strahlen von einer Schicht zur andern erleiden, konnten sie offenbar keinen Einflufs haben.

Als sie der gewöhnlichen Strahlung von 30° ausgesetzt wurden, gaben sie folgende Resultate:

Dicke der Schirme in Millimet.	Ablenkungen des Galvanometers.
27	17°,105
54	13 ,458
81	10 ,702

Digitized by Google

Durch eine ganz ähnliche Rechnung, wie die vorhin angeführte, findet man, dafs der Schirm von 1000 Strahlen die folgende Anzahl durchläfst oder auffängt:

Ordnungszahl.	Durchgelassene Strahlen.	Aufgefangene Strahlen.
1	484	516
2	380	620
3	303	697

Mittelst dieser Data erhält man für die Wärmeverluste, bezogen auf die Strahlenmengen, welche successiv die drei eingebildeten gleich dicken Schichten des dritten Schirmes durchdringen, folgende Werthe:

0,516 0,215 0,203.

Wegen der schlechten Beschaffenheit des Glases und der gröfseren Dicke der Schichten sind diese Verluste gröfser als die vorigen, aber sie befolgen dennoch eine abnehmende Progression. Mithin dauert die Abnahme noch jenseits einer Dicke von 54 Millimetern fort.

Um den Werth dieser Abnahme zu vergleichen mit dem beim letzten Schirm in den vorhergehenden Versuchen, mufs man 0,012, die Differenz zwischen 0,215 und 0,203, mit 2,068 multipliciren und das Product durch 27 dividiren. Auf diese Weise erhält man von 2,068 Millimeter Dicke, zwischen 54 bis 81 Millimeter Abstand von der Vorderfläche liegend, eine mittlere Abnahme von sehr nahe 0,001. Bei den früheren Versuchen war dieser Verlust, als die Strahlen die ebenfalls 2^{mm},068 dicke, aber 6 Millimeter von der Vorderfläche abliegende Schicht durchdrangen, funfzehn Mal so grofs. Der Unterschied würde noch gröfser seyn, hätte man Glasschichten von gleicher Durchsichtigkeit wie die früheren dünnen Glasplatten angewandt.

Indefs blieb mir noch einiger Zweifel an der Homogenität des Glases; ich fürchtete, dafs die Schlieren nicht gleichmäfsig durch die ganze Masse verbreitet wären.

Digitized by Google

Allein, da ich mir keine dicke, von diesen Mängeln ganz freie Glasstücke verschaffen konnte, so glaubte ich, daſs sich ähnliche Versuche eben so gut mit Flüssigkeiten anstellen lassen würden. Bei Anwendung dieser Körper statt des Glases hatte man, im Fall des Gelingens, sogar den Vortheil, daſs man das Gesetz des Wärmedurchlasses auf mehre Substanzen ausdehnen, und so von der physischen Constitution desselben unabhängig machen konnte.

Ich verschaffte mir daher mehre kupferne Kasten von gleicher Breite und verschiedener Länge, versehen an beiden Enden mit einer Glastafel. Diese stellte ich nach einander zwischen den durchbohrten Schirm und die Säule, auf die Weise, daſs das Vordertheil sich dicht an dem Schirm befand, der in einem unveränderlichen Abstand (von der Säule) blieb. Da der Querschnitt aller dieser Kasten viel gröſser war als die Oeffnung in der Mitte des Schirms, so konnten keine Reflexionen an den Seitenwänden stattfinden, und es gelangten bloſs solche Strahlen auf die Vorderfläche der Säule, welche unter Incidenzen wenig verschieden von der senkrechten einfielen. Ich näherte die Lampe bis sie durch die beiden Gläser des Kastens hindurch das Galvanometer 30° ablenkte, fing nun die Strahlung auf, füllte dann den Kasten mit gereinigtem Rüböl, und stellte, nachdem ich den Galvanometerzeiger auf seine natürliche Lage hatte kommen lassen, die Wärme-Communication wieder her.

Die Ablenkungen bei verschiedener Dicke der Flüssigkeiten waren:

Dicke der Flüssigkeitsschicht.	Ablenkung des Galvanometers.	Dicke der Flüssigkeitsschicht.	Ablenkung des Galvanomet.
6mm,767	15°,642	54mm,139	9°,540
13 ,535	12 ,831	81 ,209	8 ,988
27 ,069	10 ,389	108 ,279	8 ,512

Drückt man wieder durch 1000 die freie Strahlung aus, so hat man für die Mengen der aufgefangenen oder durchgelassenen Strahlen:

Tafel *B*.

Dicke der Flüssigkeitsschicht.	Durchgelassene Strahlen.	Aufgefangene Strahlen.
6mm,767	443	557
13 ,535	363	637
27 ,069	294	706
54 ,139	270	730
71 ,209	255	745
108 ,279	244	756

Denkt man sich endlich die letzte Schicht getheilt in sechs parallele Scheiben von der Dicke 6mm,767, 6,767, 13,535, 27,069, 27,069 und 27,069, so kann man mittelst der in den beiden letzten Kolumnen enthaltenen Zahlen bestimmen, wie viel Wärme auf die Vorderfläche jeder dieser Scheiben einfiel und wie viel beim Durchgang verloren ging. Dividirt man die zweite Gröfse durch die erste, so hat man den Verlust. Die Operationen im Detail anzugeben, ist überflüssig, da sie denen bei den Glasschirmen ganz ähnlich sind; daher nur die Endresultate:

Dicke der sechs Schichten, in welche die Scheibe von 108mm,274 getheilt gedacht ist.	Verlust bei den successiven Durchgängen, bezogen auf die zu jeder Schicht gelangenden Strahlenmengen.
6mm,767	0,557
6 ,767	0,180
13 ,535	0,190
27 ,069	0,082
27 ,069	0,056
27 ,069	0,040

Hieraus geht hervor, dafs bei einem Abstande von etwa 100 Millimeter (von der Vorderfläche) die Verluste noch abnehmend sind:

Um das Gesetz der Fortpflanzung der Wärmestrahlung mit einem Blick zu übersehen, braucht man nur die in den beiden ersten Kolumnen der Tafeln (*A*) und (*B*) enthaltenen Resultate graphisch zu construiren.

Der blofse Anblick der Curven, die aus einer solchen Construction hervorgehen, zeigt, dafs die Strahlen anfangs, beim Eintritt in die ersten Schichten des Mittels, einen grofsen Verlust erleiden, der aber, so wie sie sich von der Vorderfläche entfernen, abnimmt, und in einem gewissen Abstande ganz unmerklich wird, so dafs die Strahlen ihren Gang mit Beibehaltung ihrer ganzen Intensität fortzusetzen scheinen. Beim Glase und Rüböl, und wahrscheinlich bei allen durchsichtigen Mitteln, mufs sich demnach der Antheil der Wärme, welcher den Durchgang durch die ersten Schichten erzwungen hat, bis in sehr grofse Tiefen fortpflanzen.

De la Roche hatte gefunden, dafs die Wärme, welche eine Glasschicht durchdrungen hat, beim Durchgang durch eine zweite Glasschicht im geringen Verhältnifs absorbirt wird. Die Identität dieser Thatsache mit dem Gesetz des Widerstands continuirlicher Mittel zeigt, dafs die Aufhebung der Continuität und die Dazwischenkunft der atmosphärischen Luft zwischen zwei Schirmen nicht die Natur der Modificationen abändert, welche die Strahlen in der ersten Glastafel erleiden. Es ist also ungemein wahrscheinlich, dafs der Satz von De la Roche auch für eine sehr zahlreiche Reihe dünner Schirme gültig ist, denn wir sahen eben, dafs in einem und demselben Mittel die Verluste noch in einer Tiefe von 80 bis 100 Millim. abnehmen. Folgendes sind die Resultate meiner Versuche mit vier Scheiben von eben dem Spiegelglase, welches zu meinen ersten Untersuchungen über die Fortpflanzung durch zusammenhängende Mittel gedient hatte. Jede dieser Scheiben hatte die Dicke $2^{mm},068$.

Anzahl der Schirme.	Ablenkungen des Galvanometers.
1	21°,62
2	18 ,75
3	17 ,10
4	15 ,90.

Digitized by Google

Es ist wohl unnöthig zu sagen, dafs die gemeinschaftliche Strahlung, welcher alle diese Schirme unterworfen wurden, immer 30° betrug, und einer Kraft oder Temperatur von 35,3 entsprach. Wenn man diese Strahlung, wie wir es in allen vorhergehenden Fällen gethan, durch 1000 ausdrückt, so hat man:

Anzahl d. Schirme.	Durchgelassene Strahlen.	Aufgefangene Strahlen.
1	619	381
2	531	469
3	484	515
4	450	540

Woraus:

0,381 0,134 0,087 0,058,

als Werthe der Verluste, welche die Strahlen beim successiven Durchgang durch die vier Glasscheiben erleiden, wohl verstanden, dafs diese Werthe nicht auf die ursprüngliche Menge bezogen sind, sondern auf die Anzahl der Strahlen, welche zu jeder einzelnen Scheibe gelangt.

Der Satz von De la Roche gilt also noch für die dritte und vierte Scheibe, denn auch bei diesen ist noch eine Verringerung des Verlustes wahrzunehmen.

Man wird bemerken, dafs die Verluste bei den vier gleichen Schichten des vierfach dicken Schirmes weniger grofs waren. Die Ursache hievon ist leicht einzusehen. Hier nämlich fand eine Aufhebung der Continuität statt und die Wärme konnte daher sich mehr durch Reflexion zerstreuen. Allein man sieht, dafs in dem einen Fall wie in dem andern der Unterschied zwischen zwei einander folgenden Verlusten abnimmt, in dem Maafse als man sich mehr von der Eintrittsfläche entfernt.

Schreiten wir jetzt zu dem Einflufs, den die chemische Natur der Substanz des Schirms auf die Durchlassung der Wärme ausübt.

Schon Hr. Prevost hatte aus seinen in der vorhin citirten Abhandlung beschriebenen Versuchen den Schlufs

Digitized by Google

gezogen, daſs Wasser und Glas die Wärmestrahlen in ungleicher Menge durchlassen müſsten. Denn indem er zwischen einer brennenden Kerze und einem sehr empfindlichen Luftthermometer eine Wasserschicht (*nappe d'eau*) niederflieſsen lieſs, erhielt er keine Anzeige von durchgelassener Wärme, wenigstens wenn die Kugel nicht geschwärzt war, und selbst bei einer geschwärzten Kugel war die Temperaturerhöhung auſserordentlich schwach, wogegen eine Glastafel, statt der Wasserschicht angewandt, ziemlich deutliche Wirkungen gab [1]). Allein man hat ihm eingeworfen, der Unterschied zwischen der Wirkung des Wassers und des Glases rühre davon her, daſs die geleitete Wärme bloſs im letzteren Falle merklich sey. Späterhin bemerkte De la Roche, daſs eine grünliche Glastafel mehr Wärme durchlieſs als eine Tafel von einem vollkommen reinen Glase. Indeſs da die erste Tafel weit dünner war als die zweite, so behauptete man, der Unterschied der Wirkungen rühre her von dem Unterschied der Dicke [2]).

Einige Zeit nach der Erfindung des Thermo-Multiplicators machte ich, gemeinschaftlich mit Hrn. Nobili, einige Versuche mit Olivenöl, Alkohol, Wasser und Salpetersäure, aus denen uns hervorzugehen schien, daſs das Wasser dem Durchgang der von einem heiſsen Eisen herrührenden Wärmestrahlen einen gröſseren Widerstand entgegensetzte als die drei anderen Flüssigkeiten [3]). Allein diese Versuche können für nichts mehr als bloſse Proben zum Beweise der leichten Anwendbarkeit des Thermo-Multiplicators zu jeglichen Untersuchungen über

1) Hier übrigens seine eigenen Worte: »Es scheint folglich als lasse das Wasser nicht so viel Wärme unmittelbar durch als das Glas, oder wenigstens als gestatte es den Durchgang nur einem feineren Wärmestoff als der ist, welcher das Glas durchdringt.« (Obenerwähnte Abhandlung, §. 48.)

2) Siehe die Anmerkung, S. 117 dieses Bandes.

3) *Ann. de chim. et de phys. Oct.* 1831. (Ann. Bd. XXVII S. 444.)

die Wärmestrahlung angesehen werden, denn wir nahmen nicht Vorsichtsmafsregeln genug, um die Fortpflanzung der geleiteten Wärme zu verhüten und um der völligen Gleichheit der Wärmequelle in allen Fällen gewifs zu seyn. Mithin waren die Physiker immer der Meinung, dafs der von starren oder flüssigen Körpern unmittelbar durchgelassene Antheil der Wärme gleichen Gesetzen folge, wie die Lichtdurchlassung, und dafs, unter gleichen Umständen, die durchsichtigen Körper die gröfsere Menge von Wärmestrahlen durchlassen.

Die Resultate, welche ich sogleich beibringen werde, scheinen mir für die Theorie der strahlenden Wärme einen Fundamentalsatz aufser Zweifel zu setzen, den nämlich, *dafs die Fähigkeit, Wärmestrahlen durchzulassen, durchaus nicht im Verhältnifs zur Durchsichtigkeit der Mittel stehe;* sie scheint einem anderen Gesetze zu folgen, welches in Körpern ohne regelmäfsige Krystallisation viele Beziehungen zur Brechbarkeit besitzt. Bei Krystallen sind die Erscheinungen noch interessanter, weil man darunter Körper von grofser Durchsichtigkeit findet, welche die Wärmestrahlen fast gänzlich auffangen, und andere welche wiederum im entgegengesetzten Sinne wirken. Diese Eigenschaften äufsern sich beständig, wie hoch auch die Temperatur der Wärmequelle seyn mag, und sie werden in niederen Temperaturen noch auffallender, denn man sieht die strahlende Wärme der blofsen Hand einen festen Körper von mehren Zollen Dicke unmittelbar durchdringen ...., doch anticipiren wir nicht die Thatsachen, und gehen wir zunächst die bei dieser dritten Reihe von Versuchen angewandten Methoden durch.

Zunächst ist es unnöthig, die Art, wie die starren Schirme den Wärmestrahlen ausgesetzt wurden, und die Angaben des Thermo-Multiplicators näher zu bezeichnen, da sich darin Alles genau wie bei den früheren Versuchen verhält. Was die Flüssigkeiten betrifft, so sind sie im Allgemeinen weniger durchdringbar für die Wärmestrahlen als die

die starren Körper. Sie mufs man daher dem Thermoskop mehr nähern, um einen recht deutlichen Durchlafs zu bekommen; allein dann könnte die eigene Erwärmung der Theilchen auf das Instrument einwirken, zumal die Bewegungen, welche immer in ungleich erwärmten Flüssigkeiten entstehen, die Theilchen an der Vorderfläche immer leicht zur Hinterfläche der der Wärmequelle ausgesetzten Schichten fortführen. Diesen Effect der Leitungsfähigkeit kann man im Allgemeinen nicht, wie bei den Versuchen des Hrn. Prevost, durch unaufhörliche Erneuung der den Wärmestrahlen ausgesetzten Schicht vernichten, denn einige Flüssigkeiten kann man sich nur in kleinen Mengen verschaffen, und andere erleiden an der Luft mehr oder weniger bedeutende Veränderungen oder starke Verdampfungen, woraus für diese Klasse von Versuchen sehr störende Erhöhungen oder Erniedrigungen der Temperatur entspringen. Der Kunstgriff, wodurch ich diese verschiedenen Uebelstände vermieden habe, ist sehr einfach. Er besteht darin, dafs ich die Flüssigkeiten in sehr platte Glaskasten einschliefse, deren zwei grofse Seitenwände vollkommen parallel sind, und im Sinne der Höhe vier oder fünf Mal gröfser als die Oberfläche der thermo-elektrischen Säule. Den unteren Theil dieser Kasten stellt man vor die Oeffnung des Rohrs, welches die der Wärmequelle zugewandte Seite des Apparats umschliefst; die von der Vorderwand des Gefäfses aufgefangene Wärme dringt in die erste unendlich dünne Schicht der Flüssigkeit; allein diese Schicht erleidet, indem sie sich erwärmt, eine gewisse Ausdehnung; sie wird leichter als die übrige Masse der Flüssigkeit und steigt sogleich zum oberen Theil des Gefäfses, wo sie nicht mehr auf die Säule einwirken kann; sie wird ersetzt durch eine zweite Schicht, welche denselben Vorgang erleidet und so fort, so dafs durch diese theilweisen Erneuungen des flüssigen Schirms der vor der Oeffnung des Rohrs befindliche Theil der Hinterwand des

Gefäſses nicht in Berührung steht mit erhitzten Theilchen und lange Zeit die nämliche Temperatur behält.

Es ist ungemein schwierig platte Glasgefäſse mit vollkommen regelmäſsigen, überall gleich dicken und paarweis einander genau parallelen Seitenflächen zu verfertigen. Metallrähme mit eingekitteten Gläsern sind unbrauchbar, wegen der auflösenden Wirkung verschiedener Flüssigkeiten. Nach vielen unfruchtbaren Versuchen dachte ich, daſs man hier dasselbe Verfahren anwenden könnte, dessen man sich in der Optik bedient, um den Brechungsindex flüssiger Substanzen zu messen. Zu dem Ende lieſs ich in mehre recht dicke Stücke unbelegten Spiegelglases 2 Centimeter breite und 9 Centimeter lange Oeffnungen ausschneiden, und belegte die beiden durchbohrten Seiten mit anderen viel dünneren Platten. Wie bekannt reicht die bloſse Adhärenz zwischen polirtem Glase hin, um den Durchgang der Flüssigkeiten zu verhindern; zur gröſseren Sicherheit umgab ich jedoch jedes dieser Gefäſse mit zwei Metallrähmen, welche die dünnen Gläser mittelst vier Druckscheiben an den Ecken in ihrer Lage erhielten. Bei einem solchen System kann man den Parallelismus der Wände und die gleiche Dicke der flüssigen Schichten nicht bezweifeln.

Ich habe die Resultate, welche ich mit verschiedenen starren und flüssigen Körpern erhalten habe, in mehre Tafeln getheilt; jede derselben enthält oben die Angabe der gemeinschaftlichen Dicke der angewandten Schirme und zur Seite einer jeden Substanz die Angaben des Thermomultiplicators und die Mengen der durchgelassenen Strahlen, bezogen auf die gesammte Strahlung. Diese Vertheilung erlaubt die Anwendung verschieden dicker Lamellen, und hat überdieſs den Vortheil, gesonderte Gruppen von jeder Körperklasse vorzustellen. In allen Fällen betrug die freie Strahlung 30°. Um die Resultate dieser Tafeln mit einander zu verknüpfen, habe ich der zweiten und dritten Tafel die Zahlen hinzugefügt, erhal-

Digitized by Google

ten mit einer Spiegelglasplatte, die sich in denselben Umständen befand, wie die zu einer Gruppe gehörigen Lamellen. So war das Glas, welches in der Tafel der Flüssigkeiten aufgeführt ist, zwischen die beiden dünnen Gläser des Recipienten gebracht, und stammte von dem dicken Spiegelglase ab, aus welchem dieser verfertigt worden; es besafs also genau die Dicke der flüssigen Schichten, und stand wie diese in Berührung mit den beiden Gläsern, welche die Wände des Recipienten bildeten. Allein da diese Wände schon einen Theil der Wärme auffingen, so näherte ich die Lampe so weit, bis ich quer durch das System der drei Gläser dieselbe Angabe von 19° erhielt, welche das dicke Glas gab, wenn es allein der gewöhnlichen Strahlung von 30° ausgesetzt wurde.

	Ablenkung des Galvanometers.	Durchgelassene Strahlen.
Tafel I. Farblose Gläser; gemeinschaftliche Dicke $1^{mm},88$.		
Kein Schirm	30°,00	100
Flintglas von Guinand	22 ,90	67
- englisches	22 ,43	65
- französisches	22 ,36	64
- andere Art	22 ,19	64
Spiegelglas	21 ,89	62
- andere Art	21 ,10	60
- andere Art	20 ,78	59
Kronglas französisches	20 ,58	58
Fensterglas	19 ,25	54
- andere Art	18 ,56	52
- andere Art	17 ,83	50
Kronglas engl.	17 ,22	49
Taf. II. Flüssigkeiten; gemeinschaftliche Dicke $9^{mm},21$.		
Spiegelglas	19°,10	53
Schwefelkohlenstoff (farblos)	21 ,96	63

	Ablenkung des Galvanometers.	Durchgelassene Strahlen.
Chlorschwefel, stark rothbraun . . .	21°,83	63
Phosphorchlorür, farblos	21 ,80	62
Chlorkohlenwasserstoff, farblos . . .	13 ,27	37
Nufsöl, gelb	11 ,10	31
Terpenthinöl, farblos	10 ,83	31
Rosmarinöl, farblos	10 ,46	30
Rüböl, gelb	10 ,38	30
Olivenöl, grüngelb	19 ,35	30
Natürl. Naphtha, schwach braungelb .	9 ,77	28
Copaivbalsam, merklich gelbbraun . .	9 ,39	26
Lavendelöl, farblos	9 ,28	26
Nelkenöl (sehr schwach gelblich) . .	9 ,26	26
Rectificirte Naphtha, farblos	9 ,10	26
Schwefeläther, farblos	7 ,59	21
Reine Schwefelsäure, farblos	6 ,15	17
Nordhäuser Vitriolöl, merklich braun .	6 ,09	17
Ammoniaklösung, farblos	5 ,47	15
Reine Salpetersäure, farblos	5 ,36	15
Absoluter Alkohol, farblos	5 ,30	15
Kalihydrat, farblos	4 ,63	13
Rectificirte Essigsäure, farblos . . .	4 ,25	12
Brenzliche Holzsäure, schwach bräunlich	4 ,28	12
Zuckerwasser, farblos	4 ,20	12
Alaunlösung, farblos	4 ,16	12
Salzwasser, farblos [1])	4 ,15	12
Eiweifs, schwach gelb	4 ,00	11
Destillirtes Wasser	3 ,80	11
Taf. III. Krystallisirte Körper; gemeinschaftliche Dicke $2^{mm},62$.		
Spiegelglas	21°,60	62
Steinsalz, klar	28 ,46	92
Kalkspath, klar	21 ,80	62
- anderer, klar	21 ,30	61

1) Zu dieser Lösung wurde recht reines Steinsalz angewandt und das Wasser völlig gesättigt.

	Ablenkung des Galvanometers.	Durchgelassene Strahlen.
Bergkrystall, farblos, klar	21°,64	62
Rauchtopas, stark braun, klar	20 ,25	57
Brasilianischer Topas, farblos, klar	19 ,18	54
Weiſsbleierz, klar	18 ,35	52
Weiſser Agat, durchscheinend	12 ,48	35
Schwerspath, klar, schielend gestreift	11 ,72	33
Aquamarin, klar, schwach blau	10 ,16	29
Gelber Agat, durchscheinend	10 ,10	29
Borax, durchscheinend	9 ,87	28
Turmalin, klar, grün	9 ,54	27
Adular, klar, schielend gestreift	8 ,30	24
Gyps, klar	7 ,15	20
Fluſsspath, klar schielend gestreift	5 ,40	15
Citronensäure, klar	5 ,15	15
Sardonyx, durchscheinend	4 ,98	14
Kohlens. Ammoniak, klar, schiel. gestreift	4 ,50	13
Weins. Kali-Natron, klar	4 ,40	12
Alaun (*Alun de glace*), klar	4 ,36	12
Schwefels. Kupfer, klar, stark blau	0 ,00	0
Taf. IV.		
Gefärbte Gläser; gemeinschaftliche Dicke $1^{mm},85$.		
* Dunkelviolett	18°,62	53
Gelblich roth (*plaqué*)	18 ,58	53
Purpurroth (dito)	18 ,10	51
* Lebhaft roth	16 ,54	47
Blaſs violett	16 ,08	45
Orangeroth	15 ,49	44
Hellblau	15 ,00	42
Dunkelgelb	14 ,12	40
Schön gelb	12 ,08	34
Goldgelb	11 ,75	33
* Dunkelblau	11 ,60	33
* Apfelgrün	9 ,15	26
Mineralgrün	8 ,20	23
Sehr dunkelblau	6 ,88	19

Man braucht nur die zweite und dritte Tafel rasch durchzusehen, um die Wahrheit des von uns ausgesprochenen Satzes zu erkennen, desjenigen nämlich, dafs das *Vermögen der Körper zur Durchlassung strahlender Wärme in keiner Beziehung zum Grade ihrer Durchsichtigkeit steht.*

In der That läfst der Chlorschwefel, eine ziemlich dunkel rothbraune Flüssigkeit, weit mehr Wärmestrahlen durch als das Nufs-, Oliven- und Rüböl, Flüssigkeiten von viel hellerer Farbe, und diese nämlichen Oele werden, ungeachtet sie einen noch recht merkbaren gelben Ton besitzen, leichter von der strahlenden Wärme durchdrungen als viele andere vollkommen wasserhelle Flüssigkeiten wie concentrirte Schwefel- oder Salpetersäure, Aether, Alkohol und Wasser. Eben so verhält es sich mit den starren Körpern. Schwefelsaurer Kalk, Citronensäure und andere sehr klare farblose Substanzen lassen weit weniger Wärme durch als andere farbige oder durchscheinende Körper, wie z. B. der Aquamarin, Agat, Turmalin, Borax, Adular und Schwerspath.

Nichts ist indefs geeigneter den geringen Einflufs der Durchsichtigkeit auf den Durchlafs der Wärmestrahlen deutlich zu machen, als der Vergleich des Resultats von dem *Eisalaun* (*alun de glace*) [1]) mit dem vom *Rauchtopas* (rauchfarbenem Bergkrystall). Die Tafel zeigt, dafs bei diesen Körpern, wie bei den andern eben angeführten, die Fähigkeit zum Durchlafs der Wärmestrahlen im umgekehrten Verhältnifs steht zur Fähigkeit, die Lichtstrahlen durchzulassen. Ich wollte sehen, bis wie weit sich diefs umgekehrte Verhältnifs zwischen dem Wärme- und Lichtdurchlafs erstrecke, wenn man die Dicke der Substanzen so abändert, dafs aller Vortheil auf Seite des Lichts, aller Nachtheil aber auf Seite der Wärme sey. Zu dem Ende wiederholte ich den Ver-

1) Diefs ist der Name, den man im Handel den sehr klaren Alaunkrystallen giebt.

such mit einem wohl polirten und ganz klaren Alaunblättchen von blofs anderthalb Millimetern Dicke und einem Rauchtopas, der senkrecht gegen seine polirten Flächen eine Dicke von 86 Millimet. besafs. Dieser Krystall hatte eine so dunkle Farbe, dafs man, wenn man ihn auf ein mit grober Schrift bedrucktes Blatt legte, selbst bei hellem Tageslicht nicht einmal die blofsen Züge der Buchstaben erkennen konnte. Papier und Schriftzüge schwammen vollständig zusammen und bildeten nur einen einzigen gleichmäfsigen schwarzen Farbenton. Dennoch liefs dieser Krystall noch 19° durch, während die dünne Alaunplatte nur 6° gab.

Ein Körper kann also *fast undurchsichtig* seyn, und dennoch den Wärmestrahlen einen leichten Durchgang gestatten, und er kann sehr klar seyn, und doch einen Theil dieser Strahlen auffangen. Man mufs also wohl unterscheiden zwischen Körpern von leichtem Wärmedurchlafs und denen von leichtem Lichtdurchlafs. Ich halte es daher für zweckmäfsig, die ersteren *transcalorische* (*transcaloriques*) oder *diathermane* (*diathermanes*) [1]) zu nennen, in Analogie mit den Worten *transparent* und *diaphan*, welche man für Körper gebraucht, die die gleiche Eigenschaft in Bezug auf das Licht besitzen.

Nachdem was wir vom Rauchtopas gesehen haben, könnte man fragen, ob es Körper gebe, die diatherman und zugleich vollkommen opak seyen. Diese Frage läfst sich nicht beantworten, bevor nicht alle bekannten Körper auf ihren Wärmedurchlafs geprüft worden sind, was bei weitem noch nicht von mir geschehen ist. Ich kann blofs sagen, dafs rohe Holzsäure und Perubalsam, welche Flüssigkeiten fast vollkommen undurchsichtig sind, die strahlende Wärme noch merkbar durchlassen. Allein alle diathermanen Substanzen, die ich dem Versuch unterworfen habe, gehören zu denen von einiger Durchsichtigkeit.

1) Von *διὰ durch* und *θερμαίνω erhitzen*, wie *diaphan* von *διὰ* und *φαίνω scheinen*.

Metalle, Hölzer, Marmorsorten, welche Lichtstrahlen gänzlich auffangen, lassen auch gar keine Wärmestrahlen durch. Andere Körper, wie Kalkspath, Steinsalz, Kohlenschwefel, lassen zugleich beide Strahlengattungen durch. Ein gewisser Grad von Transparenz ist also *wahrscheinlich* eine der nothwendigen Bedingungen zum Wärmedurchlaſs [1]), aber dieser kann nicht beträchtlich werden ohne Mitwirkung einer anderen Eigenschaft, welche verschieden ist, je nachdem die Körper krystallisirt sind oder nicht. Bei Gläsern und Flüssigkeiten geht diese Eigenschaft offenbar der Brechbarkeit parallel, denn das Flintglas ist lichtbrechender als das Kronglas und läſst auch die Wärmestrahlen leichter als dieses durch. Der Chlorschwefel ist zugleich lichtbrechender und diathermaner als das Terpenthinöl. Dasselbe gilt vom Terpenthinöl in Bezug auf das Olivenöl und so fort bis zum reinen Wasser, der Flüssigkeit von geringster Brechbarkeit und geringstem Wärmedurchlaſs. Freilich scheint in den Tafeln das Glas, obwohl weit weniger lichtbrechend, fast eben so diatherman zu seyn als der Chlorschwefel; allein diese Gleichheit ist nur scheinbar. Um sich davon zu überzeugen, braucht man sich nur zu erinnern, auf welche Weise die Flüssigkeiten den Versuchen unterworfen wurden. Ehe die Wärmestrahlen zur Flüssigkeit gelangten, muſsten sie die Vorderwand des dieselbe einschlieſsenden Gefäſses durchdringen; und die Gläser gaben nur einen Durchlaſs von 21 bis 22 auf 35,3. Es konnte also nur eine

1) Ich habe später gefunden, daſs schwarzes vollkommen undurchsichtiges Glas, welches man als Spiegel zur Polarisation des Lichtes anwendet, eine merkbare Menge Wärmestrahlen durchläſst. Diese aus einem schwarzen Glase tretenden *dunkeln Strahlen* können zu höchst sonderbaren Versuchen angewandt werden, wie ich in meiner zweiten Abhandlung anführen werde. (Diese zweite Abhandlung des Verfassers wird in den beiden nächsten Heften mitgetheilt werden. Eine vorläufige Anzeige von den Versuchen mit dem schwarzen Spiegelglase findet sich schon in diesen Annalen, Bd. XXVIII S. 643. *P.*)

Strahlung von dieser Stärke in das Innere gelangen. Wenn also die Flüssigkeit alle zu ihr gelangenden Strahlen durchläfst, kann doch niemals von diesen eine gröfsere Menge als 22 zum Gefäfse hinaustreten. Diese Erklärung wird in auffallender Weise bestätigt von den Wärmedurchlafs des Chlorschwefels und Phosphorchlorürs. Die Brechungsverhältnisse dieser beiden Flüssigkeiten, obwohl nicht genau bekannt, sind sicher gröfser als das des Glases und unter einander verschieden, was wahrscheinlich Unterschiede in den durchgelassenen Wärmemengen nach sich zieht. Dennoch scheinen in den Tafeln diese beiden Gröfsen einander gleich zu seyn, und zwar gleich dem Wärmedurchlafs des Schwefelkohlenstoffs.

Bei dem Wärmedurchlafs des Copaivbalsams und des Schwefeläthers giebt es zwar einige wirkliche Abweichungen; allein die Unterschiede sind gering, und sie entspringen wahrscheinlich aus einem geringen Fehler in der Messung des Wärmedurchlasses und der Brechbarkeit. Die Proportionalität dieser beiden Elemente ist so offenbar und bestätigt sich in so vielen Fällen, dafs man sie als ein allgemeines Gesetz ansehen kann, für Flüssigkeiten, für Gläser und wahrscheinlich für alle Körper ohne regelmäfsige Krystallisation.

Allein bei den krystallisirten Körpern ist dieses Gesetz ganz ungültig. In der That sehen wir, dafs das kohlensaure Bleioxyd (Weifsbleierz), ein stark lichtbrechender und farbloser Körper, weniger Wärme durchläfst als der Kalkspath und Bergkrystall, Substanzen, die ihm doch in der Brechbarkeit weit nachstehen; das Steinsalz dagegen, welches fast gleiche Durchsichtigkeit und gleiche Brechbarkeit mit der Citronensäure und dem Alaun besitzt, giebt einen sechs bis acht Mal gröfseren Wärmedurchlafs als diese Substanzen.

Der durchsichtigen und farblosen Körper sind in der dritten Tafel neun enthalten, nämlich: Steinsalz, Kalk-

Digitized by Google

spath, Bergkrystall, Topas, Weiſsbleierz, Gyps, Citronensalz, Rochellesalz und Alaun. Diese lassen folgende Wärmemengen durch [1]):

92, 62, 54, 52, 20, 15, 12.

Unterschiede von solcher Gröſse bei Körpern von gleichem Aussehen scheinen mehr von dem eigenthümlichen Gefüge als von der chemischen Natur der Molecüle herzustammen; denn eine Platte aus einem Stück gewöhnlichen Kochsalzes (*sel marin*) fängt fast alle Wärmestrahlen auf, und überdieſs sieht man aus der zweiten und dritten Tafel, daſs der Wärmedurchlaſs des reinen Wassers fast um dieselbe Gröſse steigt, wenn man Alaun oder Steinsalz darin auflöst, wiewohl diese beiden Substanzen im Zustande der Starrheit eine so verschiedene Wärme-

1) Personen, welche keinen solchen thermoskopischen Apparat besitzen wie ich anwandte, können sich davon, daſs das Steinsalz fast alle auf seine Vorderfläche fallenden Wärmestrahlen durchläſst, leicht überzeugen, wenn sie auf einem und demselben Gestell eine Platte aus dieser Substanz und eine eben so groſse Platte von Glas oder Alaun befestigen, und nun das Gestell ganz dicht an das Feuer eines Kamines setzen. Läſst man es fünf bis sechs Minuten daselbst stehen, so wird das Glas so heiſs, daſs man sich daran verbrennen kann, während das Steinsalz, auf die empfindlichsten Theile der Hand gelegt, keine Wärmeempfindung hervorbringt. Diese Temperaturunterschiede sind wahrhafte, keine scheinbaren, wie sie sich bei Berührung von Holz und Marmor zeigen, die im Sonnenschein liegen. Um dieſs zu erweisen, braucht man nur etwas Wachs oder Talg auf beide Körper zu legen; auf dem Glase sieht man es rasch schmelzen, auf dem Steinsalz dagegen seinen starren Zustand behalten. Der groſse Wärmedurchlaſs des Steinsalzes in Bezug auf andere durchsichtige Körper läſst sich auch direct erweisen, ohne Hülfe eines Thermo-Multiplicators. Zu dem Ende braucht man nur die beiden Platten in derselben Ebene zu nähern und hinter ihnen zwei Metallröhren zu halten, auf deren Boden die geschwärzten Kugeln zweier gleich empfindlicher Thermometer angebracht sind. Man hält nun eine glühende Kugel vor den Platten. Das Thermometer hinter der Alaunplatte steigt nur um einen Grad, das hinter dem Steinsalz aber um 8 bis 10 Grad.

Digitized by Google

menge durchlassen. Indefs gewahrt man keine Beziehung zwischen der Fähigkeit zum Wärmedurchlafs und der Krystallform.

Hr. Mitscherlich hat gefunden, dafs die Krystalle sich, bei Erwärmung, nach den verschiedenen Richtungen ungleich ausdehnen. Wiewohl dieser Effect keineswegs von der strahlenden Wärme herrührt, so liefs sich doch vermuthen, dafs ein geringer Unterschied in der Richtung, nach welcher man eine Platte aus einem Krystall schneidet, einen Unterschied im Wärmedurchlafs hervorbringen würde. Ich liefs daher aus einem Bergkrystall, nach allen Hauptrichtungen in Bezug auf dessen Axe, Platten von gleicher Dicke schneiden; allein bei allen diesen Platten war der Wärmedurchlafs sich gleich. Dasselbe Resultat erhielt ich beim Kalkspath.

Die strahlende Wärme kann sehr grofse Dicken von einem krystallisirten Körper durchdringen. Man könnte selbst sagen, die Wärmestrahlen erleiden im Innern dieser Körper einen geringern Verlust als in Gläsern und Flüssigkeiten. Wirklich habe ich die Abweichung des Galvanometers blofs von 21°,6 auf 19° sinken sehen, als ich die Dicke eines Rauchtopases von 1 bis auf 57 oder 58 vermehrte.

Als ich ein 92 Millimeter langes Stück Kalkspath [1]) der Wärmestrahlung aussetzte, sank die Ablenkung, die bei einer andern Kalkspathplatte von 2mm,6 Dicke 21°,8 betragen hatte, nur auf 18°,5, d. h. die Verringerung des Effects betrug nur etwa ein Siebentel bei einer Vergröfserung der Dicke um das 35fache ihres ursprünglichen Werths. Noch auffallender wird die Sache beim Steinsalz. Bei diesem habe ich noch keinen Einflufs der Dicke auf den Wärmedurchlafs nachweisen können; Stücke von

1) Diefs schöne Stück hatte Hr. Oersted an Hrn. Babinet übersandt, welcher letzterer die Güte hatte, es mir zu leihen, so wie die meisten in dieser Abhandlung erwähnten Krystalle.

Digitized by Google

2 Millimeter Dicke gaben durchaus dieselbe galvanometrische Ablenkung wie Stücke von 30 bis 40 Millimeter.

Aus diesen Beobachtungen folgt, dafs in der Tafel der Krystalle die Zahlen der zweiten Kolumne, welche die Verhältnisse der Wärmedurchlässe dieser Körper für eine gemeinschaftliche Dicke von $2^{mm},6$ ausdrücken, annähernd auch gültig bleiben, wenn die Körper sämmtlich weit dicker sind. Ich sage *annähernd*, denn um die wahren specifischen Wärmedurchlässe zu bestimmen, müfste man das Gesetz der Verlüste in den verschiedenen Punkten der Körper genau kennen. Wenn die Verlüste, bezogen auf die Wärmemengen, welche zu jeder im Innern eines Körpers denkbaren Schicht von gleicher Dicke gelangen, constant wären, würde die Intensität der Strahlen bei Schichten, die in arithmetischer Progression wachsen, in geometrischer Progression abnehmen, und um zu wissen, wie viel eine Substanz diathermaner sey als eine andere, müfste man die relativen Dicken der Platten so lange abändern bis man bei beiden Substanzen einen gleichen Wärmedurchlafs bekäme. Das gesuchte Verhältnifs wäre das umgekehrte der Dicken, die gleiche Wirkung thäten [1]). Nun aber sahen wir, dafs diese Beständigkeit der Verlüste nicht vorhanden ist. Allein in dem besonderen Fall von krystallisirten Körpern sind die Unterschiede in der Wirkung bei Vergröfserung der Dicke über 3 Millimeter so klein, dafs die Verhältnisse, welche man bei Anwendung dickerer Schirme erhält, nicht sehr von denen abweichen können, welche wir erhielten.

Allein selbst wenn man die specifischen Wärmedurchlässe verschiedener Substanzen bestimmt haben würde, hätte man doch noch nicht die Aufgabe allgemein gelöst, denn wenn man, wie wir in der zweiten Abhandlung sehen werden, die Temperatur der Wärmequelle abändert, ändert man nicht blofs die Ordnung der Wärmedurch-

1) Den Beweis dieses Satzes bei Bouguer: *Traité d'optique sur la gradation de la lumière, Paris* 1760, *livr. III sect. I. Art.* 1, 2, 3, 4.

Digitized by Google

lässe, sondern stört sie gänzlich. Um davon eine Idee zu geben, brauche ich nur zu wiederholen, was ich gesagt über die Wirkung der Strahlen aus einer Quelle von wenig erhöhter Temperatur auf gewisse Substanzen, nämlich, daſs schon die strahlende Wärme des menschlichen Körpers unmittelbar einen Krystall durchdringen kann; dieser Krystall ist das Steinsalz.

Bekanntlich werden die Wärmestrahlen der Hand vollständig von einem Glase aufgefangen. Das Verhältniſs des Wärmedurchlasses zwischen Glas und Steinsalz, welches bei der Temperatur einer Argand'schen Lampe $=62:92$ ist, wird demnach $=1:\infty$, wenn man die Wirkungen dieser beiden Substanzen in niederer Temperatur vergleicht.

Bisher haben wir in Allem von den Farben abgesehen, oder besser gesagt, wir haben die Farben nur in so weit betrachtet als sie, was sie immer thun, den Grad der Durchsichtigkeit klarer Substanzen mehr oder weniger abändern [1]).

1) Ein berühmter Physiker sagte mir neulich: die Intensitäten der verschiedenen Farben mit einander vergleichen zu wollen, hieſse so viel, als den Vergleich zweier heterogenen Dinge zu unternehmen, was ungereimt sey. Ohne die Triftigkeit dieser Behauptung erörtern zu wollen, erlaube ich mir zu bemerken, daſs man in gewissen Fällen *einstimmig* zugiebt, daſs eine Farbe mehr oder weniger hell sey als eine andere von verschiedener Natur, ohne daſs jemals metaphysische Ideen zur Widerlegung dieser allgemeinen Meinung erhoben worden sind. Nehmen wir zum Beispiel das Sonnenspectrum. Hat man nicht zu allen Zeiten angenommen, daſs das *Maximum* der *Helligkeit* im Gelben ben liege und daſs von diesem ab die *Lichtstärke* nach beiden Seiten abnehme. Der Satz, den ich oben aussprach, scheint mir an und für sich klar. Wenn ich sage, die Farben bringen *immer Dunkelheit* (*opacité*) in die klaren (*diaphanen*) Substanzen, so versteht mich Jedermann. Man habe reines Wasser zwischen zwei parallelen Platten farblosen Glases, halte das Auge auf der einen und eine Schrift auf der andern, und entferne sich darauf bis diese unleserlich wird. Jetzt nehme man, statt des Wassers, Wein, Oel oder sonst eine *klare* und *mehr oder*

Man mufs daher nun specieller untersuchen und festsetzen, welchen Einflufs die Farben auf den Durchgang der Wärme ausüben. Diefs ist der Zweck der vierten Tafel. Die mit einem Sternchen bezeichneten Gläser hatten die reinsten Farben, Farben, die den entsprechenden des Spectrums am nächsten kamen. Davon habe ich mich durch folgenden Versuch überzeugt.

Nachdem ich mittelst eines Heliostaten ein horizontales Bündel Sonnenstrahlen in ein dunkles Zimmer geleitet, theilte ich es in zwei Theile, dadurch, dafs ich es durch zwei in einem dunkeln Schirm gemachte Löcher gehen liefs. Das eine Bündel liefs ich auf ein verticales Prisma fallen, das andere auf das farbige Glas, welches ich untersuchen wollte. So hatte ich das Sonnenspectrum neben einem farbigen Fleck in der Richtung der directen Strahlen. Um diesen Fleck dicht an die entsprechende Farbe des Spectrums zu führen, stellte ich hinter dem Glase ein zweites verticales Prisma auf, und drehte es so weit, bis der beabsichtigte Zweck erreicht war. Nun verglich ich die beiden analogen Farben, und beurtheilte zugleich, ob die Farbe des Glases in Folge der neuen Farbentöne, die immer beim Durchgang der farbigen Strahlen eines Glases durch ein Prisma auftreten, mehr oder weniger abgeändert worden sey. Unter vierzehn aus mehren Glassorten gewählten Farben, habe ich nur fünf gefunden, die den prismatischen Farben sehr nahe kommen und nur sehr schwache secundäre Farben geben. Diese Farben waren nur bei rothem Glase ganz unmerklich.

Es giebt ein anderes Verfahren die Färbung durch-

weniger farbige Flüssigkeit; die Entfernung, bei welcher die Schrift nun leserlich ist, wird um so kleiner seyn, je *dunkler* die Farbe ist, und zwar gleichviel, von welcher Art die Farbe auch sey. Mithin, wenn die Schrift durch eine gelbe und durch eine rothe Flüssigkeit in gleicher Entfernung lesbar ist, haben diese Mittel für uns einen gleichen *Grad von Transparenz*.

sichtiger Mittel zu bestimmen, und diefs habe ich nicht vernachlässigt. Es besteht darin, dafs man die Gläser von den entsprechenden Strahlen des Spectrums durchdringen läfst. Dieser Durchgang ist mit einem sehr geringen Verlust verknüpft, sobald die Farben recht rein sind. Indem ich nun meine fünf Glasplatten mit einer ihrer Seiten in zweckmäfsigen Abständen an dem Rand einer in die Farbenstrahlen des Prisma gehaltenen Papptafel befestigte, fand ich, dafs jeder prismatische Strahl das Glas von gleicher Farbe ohne allen Verlust durchdrang; wenigstens war die Veränderung, welche diese Gläser den entsprechenden Sonnenstrahlen einprägten, fast gleich bei allen. Diefs schlofs ich aus dem Vergleich der prismatischen Farben, die geradezu auf eine Wand fielen, und der, die erst nach dem Durchgang durch die farbigen Gläser dahin gelangten; die von diesen letzten Strahlen veranlafsten Schatten waren sehr schwach, fast unwahrnehmbar. Bei jeder andern Anordnung waren sie dagegen sehr hervorstechend. Ersetzte man z. B. das rothe Glas durch das violette, so bildete sich auf der Wand ein fast schwarzer Fleck; wenn also das Violett auch nicht vollkommen rein war, liefs es doch wenigstens von den rothen Strahlen nur eine sehr geringe Menge durch, im Vergleich mit der, welche ein rothes Glas durchliefs.

Bekanntlich findet sich in einem Sonnenspectrum, das ein Prisma aus gewöhnlichem Glase giebt, die stärkste Wärme in dem Roth, und die Temperaturen der übrigen Farben nehmen ab bis zum Violett. Es fragt sich nun: Ist diese Wärmevertheilung in den durch die *Brechkraft* des Prismas gesonderten Strahlen auch noch da in den Strahlen, welche durch die *Absorptionskraft* farbiger Substanzen getrennt sind?

Um diefs zu erfahren, braucht man nur mit den verschiedenen Temperaturen des Spectrums die Zahlen zu vergleichen, welche den Wärmedurchlafs unserer fünf Gläser vorstellen, und die folgende sind:

Digitized by Google

Violett 53, Roth 47, Gelb 34, Blau 33, Grün 26.

Die Ordnung der Farben in Bezug auf ihre Wärmegrade und die Zahlenverhältnisse dieser nämlichen Grade sind dermafsen verändert, dafs das violette Licht, welches in dem Spectrum eine 25 bis 30 Mal geringere Temperatur als das rothe Licht besitzt, hier mit der gröfseren Temperatur begabt ist. Einen solchen Unterschied könnte man nicht durch die Annahme erklären, dafs bei dem Durchlafs des violetten Glases auch eine grofse Menge rother Strahlen durchginge; denn dann würden sich diese Strahlen hier in gröfserem Verhältnifs vorfinden als bei bem Durchlafs des rothen Glases, was nach den vorhergehenden Versuchen unmöglich ist.

Diese Thatsachen scheinen der Meinung derjenigen Physiker zu widersprechen, welche annehmen, dafs bei der leuchtenden Wärme die nämlichen Strahlen zugleich die Empfindung des Lichts und die der Wärme erzeugen. Dagegen begriffe man sie leicht in der Voraussetzung, dafs Wärme und Licht zweierlei Wesen seyen. Alsdann würde man sagen, die Brechkraft des Prismas wirke ungleich auf die verschiedenen Wärmestrahlen, wie es bei den verschiedenen Lichtstrahlen der Fall ist; es würde demnach gewisse Wärmemengen auf die nämlichen Orte werfen, welche von verschiedenen Farben des Spectrums eingenommen werden. Allein bei den farbigen Gläsern, so wie bei den mehr oder weniger diathermanen Körpern überhaupt, wirkt die Brechkraft nicht so wie die Absorptionskraft, indem sie bald mehr Wärme als Licht und bald mehr Licht als Wärme auslöscht.

Allein die Vertheidiger der Einerleiheit beider Wesen werden erwiedern: die Unterschiede, welche bei *Durchgängen* der Wärme und des Lichts durch wasserhelle oder farbige Mittel beobachtet worden sind, seyen entsprungen aus den dunkeln Wärmestrahlen, welche sich den von einer Lichtflamme ausgesandten Strahlen in grofser Menge beigemischt befinden.

Um

Um zu beurtheilen, bis wie weit es erlaubt ist, die eine oder die andere Hypothese zu unterstützen, müfste man Data haben, die uns gegenwärtig noch fehlen. Ich werde diesen Gegenstand am Schlusse der folgenden Abhandlung wieder aufnehmen, und will nur noch eine sehr merkwürdige Nutzanwendung von den in den vorherigen Tafeln enthaltenen Zahlen angeben.

Durch die schönen Versuche von Seebeck wissen wir bereits, dafs das *Maximum* der Temperatur des Sonnenspectrums seine Stelle ändert mit der chemischen Natur der Substanz, aus welcher das Prisma verfertigt ist. Dieser geschickte Chemiker hat nämlich beobachtet, dafs der stärkste Wärmegrad, welcher in dem Spectrum eines Prismas aus Kronglas im Roth befindlich ist, bei Anwendung eines hohlen mit Schwefelsäure gefüllten Prismas zum Orange übergeht, und zum Gelb, wenn man dasselbe Prisma mit reinem Wasser füllt [1]).

Vor einigen Monaten fand ich, dafs die Wärmestrahlen unter den Farben eines gewöhnlichen Prismas keine gleiche Veränderung erleiden, wenn man sie durch eine Schicht Wasser gehen läfst. Der Verlust steht im umgekehrten Verhältnifs der Brechbarkeit, so dafs die brechbarsten Strahlen vollständig durchgehen und die wenigst brechbaren vollständig aufgefangen werden [2]). Dieser Versuch führte mich zu einer sehr einfachen Erklärung der von Seebeck erhaltenen Resultate.

Die Sonnenwärme, welche auf die Vorderfläche des Wasserprismas fällt, enthält Strahlen von jeglicher Brechbarkeit. Nun erleidet der Wärmestrahl, welcher gleiche Brechbarkeit mit dem rothen Licht besitzt, beim Durchgang durch das Prisma einen verhältnifsmäfsig stärkeren Verlust als der Wärmestrahl von der Brechbar-

1) Jahrbuch der Chemie und Physik von Schweigger, Bd. X S. 129.

2) *Ann. de chim. et de phys. Dec.* 1831. (Ann. Bd. XXIV S. 640.)

Digitized by Google

keit des orangefarbenen Lichts, und dieser verliert weniger beim Durchgang als die Wärme des gelben Lichts. Diese wachsenden Verhältnisse in den Verlusten der weniger brechbaren Strahlen machen offenbar das Maximum des Rothen zum Violetten wandern; es kann also auf dem Gelben stehen bleiben.

Nimmt man an, die Schwefelsäure sey in ihrer Wirkung dem Wasser analog, aber weniger stark, so begreift man, warum bei einem Prisma aus dieser Säure das *Maximum* auf das Orange fällt.

Endlich muſs selbst das Glas, aus dem die gewöhnlichen Prismen verfertigt sind, auf ähnliche Weise wirken, und bei jedem Strahl einen seiner Brechbarkeit umgekehrt proportionalen Verlust hervorbringen. Wenn man also zur Verfertigung des Prismas eine weniger *wirksame* Substanz als gemeines Glas anwendet, werden die Verluste für die *weniger brechbaren* Strahlen in gröſserem Verhältniſs geschwächt seyn. Diese Strahlen gewinnen also über die *brechbaren* den Vorsprung, und das *Maximum* wandert nach entgegengesetzter Richtung wie zuvor, d. h. vom Violett zum Roth.

Und gerade so fanden es Herschel, Englefield und Seebeck als sie mit Flintglas-Prismen experimentirten; das *Maximum* fiel in den dunkeln Raum dicht bei der letzten rothen Zone des Spectrums.

Vergleichen wir diese Resultate mit den Zahlen, welche die *Wärmedurchlässe* darstellen, so sehen wir, daſs das *Maximum* der Wärme, wenn wir vom Gelben ausgehen, wo es beim Wasserprisma befindlich ist, sich *immer weiter in derselben Richtung* entfernt, in dem Maaſse als man das Prisma aus einer mehr diathermanen Substanz verfertigt. Es fällt schon etwas auſserhalb des Spectrums, wenn man, statt Kronglas, Flintglas nimmt. So wie man diese Theorie als richtig annimmt, ist vorauszusehen, daſs beim Steinsalz, einer Substanz die gegen das Flintglas weit diathermaner ist als dieses Glas

Digitized by Google

gegen Kronglas, sich die Linie der gröfsten Wärme von den Farben ganz abtrennen und in den dunkeln Raum, auf eine von der Gränze des Roth sehr entfernte Zone, fallen müsse.

Ich habe den Versuch angestellt und er ist mir vollkommen gelungen. Ich habe gefunden, dafs bei dem Spectrum eines Prismas aus Steinsalz das Maximum der Wärme in dem dunkeln Raume lag, entfernt von der letzten (sichtbaren) Zone *wenigstens* eben so weit als, in umgekehrter Richtung, das Grünblau von dem Roth. Ich kann vor der Hand keine genauen Messungen angeben, weil ich bis jetzt nur mit einem sehr kleinen Prisma experimentirte, und als mir in der Folge gröfsere Stücke Steinsalz zu Gebote standen, erlaubte mir die Jahreszeit nicht diesen sonderbaren Versuch wieder vorzunehmen und genauer zu studiren. Allein die Erscheinung war bei mehrmaligen Wiederholungen meines Versuchs so deutlich und constant, dafs ich sie für entscheidend halte, und an der grofsen Entfernung des Wärme-Maximums von dem letzten Roth im Spectrum des Steinsalzes nicht den geringsten Zweifel hege [1]).

Die Vertheilung der Temperaturen im Sonnenspectrum ist also eine Erscheinung, die gar nicht abhängt von der von mir aufgefundenen Ordnung in dem Wärmedurchlafs durchsichtiger Substanzen.

Schon diese Erscheinung begründet eine auffallende Beziehung zwischen den Eigenschaften der solaren Wärmestrahlen und denen der strahlenden Wärme irdischer Körper; allein wir werden späterhin einen noch innige-

1) Seitdem habe ich dasselbe Resultat mit fünf Steinsalz-Prismen erhalten, deren Winkel von 30° bis 70° gingen. Das zu den Prismen angewandte Steinsalz stammte her aus den Gruben von Cordona, Wielitzka und Vicq; es ward in verschiedenen Richtungen gegen die Krystallaxe geschnitten. Die numerischen Data werde ich in einer speciellen Arbeit über die Zerlegung der solaren Wärmestrahlen mittheilen.

Digitized by Google

ren Zusammenhang zwischen beiden Strahlengattungen hervortreten sehen, wenn wir erst die Veränderungen untersuchen, die eine Veränderung in der Temperatur der strahlenden Quelle in dem Durchlafs der Wärme hervorbringt.

V. *Neue Eigenschaft der Knallpulver.*

Hr. Heurteloup hat die Erfahrung gemacht, dafs wenn man eine Röhre aus weichem Metall mit einem Knallpulver füllt, und sie darauf der Wirkung einer scharfen Messerklinge aussetzt (das heifst: mit dieser zerschneidet, oder zu zerschneiden oder durchzuhauen sucht. *P.*) niemals eine Detonation eintritt, welche dagegen immer stattfindet, sobald die Röhre mit einer platten Fläche geschlagen wird.

Von dieser Eigenschaft hat nun Hr. H. folgende Anwendung gemacht. Er hat ein Instrument verfertigen lassen, das in seiner Zusammensetzung eine Klinge (*lame*) und einen Hammer enthält. Diefs Instrument, welches er »*Koptiteur*« (von *κόπτειν* schneiden und *τύπτειν* schlagen) nennt, wird, nebst der Röhre, die das Knallpulver enthält, in dem Kolben einer Flinte angebracht (*de manière à fournir un système d'amorces perpetuelles*). Die Klinge zerschneidet (*divise*) das Rohr ohne das Pulver zu entzünden, und der Hammer bringt es zum Detoniren. Nach der Explosion wird die Röhre, welche das Knallpulver enthält, vorgeschoben, so dafs es von Neuem der Wirkung des Instruments ausgesetzt ist. So kann man dann vielmals hinter einander Feuer geben. — Der General Rogniat hat späterhin in der Academie einen günstigen Bericht über diesen »Koptiteur« abgestattet, darin indefs über die nähere Einrichtung dieses Instruments nichts Bestimmtes mitgetheilt. (*L'Institut, No.* 103 und 105.)

Digitized by Google

VI. *Ueber den Einfluſs des Monds auf den Barometerstand und die Regenmenge nach 27-jährigen zu Straſsburg angestellten Beobachtungen;*

von Otto Eisenlohr.

(Schluſs.)

Zweiter Abschnitt. Ueber den Einfluſs des Mondes auf die Witterung.

Zu den folgenden Untersuchungen über den Einfluſs des Mondes auf den Barometerstand, die Anzahl der nassen Tage und die Menge des gefallenen meteorischen Wassers konnte ich von den Straſsburger Beobachtungen nur die benutzen, welche in den Jahren 1806 bis 1832 angestellt wurden, indem die früheren nur monatliche Angaben der Regenmenge enthalten; daher habe ich den ersten Neumond nach dem Wintersolstitium von 1805 zum Anfangspunkte jener Untersuchungen gemacht, und dieselben mit dem Eintritt des ersten Neumonds nach dem Wintersolstitium von 1832 geschlossen. Dieser Zeitraum beginnt am 19. Januar 1806 und endigt mit dem 21. December 1832, beträgt also beinahe 27 Jahre und umfaſst 333 synodische Umläufe des Mondes, von denen die meisten 29, mehrere aber 30 Tage enthalten. — In der folgenden Tabelle habe ich immer für jeden Tag des Mondmonats den mittleren Barometerstand, die Anzahl der Tage mit wäſsrigen Niederschlägen und die Menge des gefallenen Regenwassers zusammengestellt; die erste Spalte derselben giebt den Tag des Monats an, und darin entspricht der 1. dem Neumond, der 8. dem ersten Viertel, der 15. dem Vollmond und der 22. dem letzten Viertel, mit dem 29. ist der nur 177 Mal vorkommende 30.

Digitized by Google

Tag vereinigt. In der zweiten Spalte sind die mittleren, auf 10° R. reducirten Barometerstände enthalten, von denen jeder für die ersten 28 Tage ein Resultat aus 333, für den 29. Tag aber ein Resultat aus 510 mittleren Barometerständen einzelner Tage ist. Die dritte Spalte giebt die Anzahl der Tage mit wäfsrigen Niederschlägen, welche einen jeden Tag des Monats zukommen, und es bedeutet z. B. die dem ersten Tag zugehörige Zahl 126, dafs unter 333 Tagen, an welchen der Neumond eintrat, 126 nasse Tage waren; auf den mit dem 30. vereinigten 29. Tag würden unter 510 Tagen 169 nasse Tage fallen, um aber diese Zahl mit denen der andern Tage vergleichbar zu machen, habe ich berechnet wie viel solche nasse Tage unter 333 Tagen vorkommen würden, und dadurch die Zahl 117 erhalten. Die letzte Spalte enthält die Höhe der jedem Tage zugehörigen Menge des meteorischen Wassers in Millimetern ausgedrückt; auch hier habe ich die für den 29. aus 510 täglichen Beobachtungen sich ergebende Zahl auf 333 reducirt.

Tag.	Barometer-stand.	Nasse Tage.	Regen-menge.	Tag.	Barometer-stand.	Nasse Tage.	Regen-menge.
1	27″ 9‴,10777	126	509,92	16	27″ 9‴,12444	120	598,52
2	9 ,11192	122	625,00	17	9 ,00465	108	633,68
3	9 ,08894	130	663,20	18	9 ,03279	138	731,36
4	8 ,96633	124	733,04	19	9 ,21360	121	517,80
5	9 ,01048	136	748,84	20	9 ,15141	136	615,16
6	8 ,99105	121	566,72	21	9 ,21961	126	640,80
7	9 ,07721	133	598,28	22	9 ,23973	118	593,60
8	9 ,10617	123	612,40	23	9 ,20994	123	643,76
9	8 ,96844	124	659,52	24	9 ,22060	123	638,60
10	8 ,84868	154	712,64	25	9 ,15555	124	525,04
11	8 ,71435	141	681,50	26	8 ,99697	119	651,52
12	8 ,65543	145	719,36	27	8 ,91832	124	474,60
13	8 ,78637	154	707,24	28	9 ,05459	121	454,64
14	8 ,90339	130	814,92	29	9 ,12555	117	564,64
15	8 ,99369	125	583,80	Mitt.	9 ,03563	127,8	628,28

Digitized by Google

In dieser Tabelle zeigt sich schon eine gewisse, wenn auch nicht vollständige Regelmäfsigkeit in der Zu- und Abnahme der Zahlen. Das Barometer steht in den ersten Tagen des Monats ziemlich hoch, fällt aber vom 9. an regelmäfsig bis zum 12., wo es seinen tiefsten Stand erreicht, hierauf steigt es wieder ziemlich gleichförmig bis zum 22., an welchem Tage das Maximum eintritt, in den darauf folgenden Tagen fällt es wieder, vom 28. an treten aber kleine Schwankungen ein, jedoch bleibt das Barometer bis zum 8. mit Ausnahme weniger Tage über der mittleren Höhe. Dieselben Resultate hat Flaugergues [1]) nach zwanzigjährigen zu Viviers angestellten Beobachtungen erhalten; nach ihm erreicht das Barometer ebenfalls am Tage des zweiten Octanten (dem 12. des Monats) den tiefsten, und am Tage des letzten Viertels (dem 22. des Monats) den höchsten Stand, und eben dieses Gesetz ergiebt sich aus zehnjährigen zu Karlsruhe angestellten und von mir [2]) bekannt gemachten Beobachtungen.

Weniger deutlich zeigt sich eine regelmäfsige Zu- und Abnahme in der Anzahl der nassen Tage. Es fällt nämlich das Minimum schon auf den 17., jedoch das Maximum auf den 10., und erst vom 21. an bis zum zweiten Tag nach dem Neumond bleibt die Anzahl der nassen Tage fortdauernd kleiner als die mittlere Anzahl derselben, was mit dem für das Barometer gefundenen Gesetz gut übereinstimmt, da während der Perioden des höheren Barometerstandes die Anzahl der nassen Tage kleiner ist als während der Periode des tieferen Barometerstandes. Aehnliche Resultate hat auch Schübler [3]) gefunden; nach ihm fällt das Maximum der Re-

1) Ueber den Einflufs des Mondes. Diese Ann. Bd. XXII S. 313

2) Untersuchungen über das Klima von Karlsruhe, S. 69. Auch in: Ueber den Einflufs des Monds auf die Witterung. Diese Annalen. 1833, Bd. XXX S. 78.

3) Untersuchungen über den Einflufs des Monds auf die Veränderungen in unserer Atmosphäre, S. 8. Ferner in: Resultate 60-

gentage auf den Tag vor dem zweiten Octanten (den 11.), das Minimum aber auf den Tag nach dem letzten Viertel (den 23.).

Leichter bemerkt man die Regelmäfsigkeit der Zu- und Abnahme in den Zahlen, welche die Menge des gefallenen meteorischen Wassers angeben. Vom 7. an nimmt die Regenmenge zu bis zum 14., wo sie ihr Maximum erreicht, nimmt alsdann bis zum 28., wo das Minimum eintritt, jedoch etwas unregelmäfsig ab, und vom Neumond an mit Ausnahme einer kurzen Unterbrechung, die am 6. eintritt, ziemlich regelmäfsig bis zum 14. zu.

Schübler erhielt in den von ihm mitgetheilten Tabellen eine viel regelmäfsigere Zu- und Abnahme der Zahlen, indem er aus mehreren angränzenden Tagen das Mittel nahm, und diese Berechnung so lange wiederholte, bis die zufälligen Abweichungen verschwanden. Ich habe jedoch in meiner Abhandlung über den Einflufs des Mondes [2]) nach den zu Karlsruhe angestellten Beobachtungen gezeigt, dafs diese Methode des wiederholten Mittelziehens nicht wohl zulässig sey, und man die Ausgleichung zufälliger Abweichungen auf eine weit zweckmäfsigere Weise erreichen könne, wenn die Beobachtungen mehrere Tage unmittelbar mit einander vereinigt und anstatt für die einzelnen Tage nur für die acht wichtigsten Phasen des Mondes die entsprechenden Zahlen gesucht werden. Daher habe ich auch in den folgenden Tabellen die 29 bis 30 Tage des Mondmonats in acht Abtheilungen eingetheilt, von denen die erste dem Neumond, die dritte dem ersten Viertel, die fünfte dem Vollmond, und die siebente dem letzten Viertel entspricht, die vier übrigen Abtheilungen werden von den Octanten ausgefüllt. Jede dieser Abtheilungen umfafst entweder drei

jähriger Beobachtungen über den Einflufs des Monds auf die Veränderungen in unserer Atmosphäre. Kastner's Archiv für Chemie und Met. Bd. V S. 276.

1) Siehe diese Annal. 1833, Bd. XXX S. 73 bis 76.

Digitized by Google

oder vier Tage; im ersten Fall bildet der Tag, an welchem die Phase eintritt, den mittleren Tag der Abtheilung, im zweiten Falle aber werden, wenn die Phase auf die Morgenstunden fällt, die zwei vorhergehenden nur ein nachfolgender Tag, fällt sie aber auf die Abendstunden, ein vorhergehender und zwei nachfolgende Tage derselben zugezählt. Weil jedoch auf diese Weise nie eine gleiche Anzahl von Tagen für jede Phase erhalten werden kann, so mufste ich, um die Resultate vergleichbar zu machen, die unmittelbar aus den Beobachtungen sich ergebenden Zahlen auf 10000 reduciren [1]).

Um zugleich die Veränderungen, welche die Verschiedenheit der Jahreszeiten in dem Einflufs des Monds hervorbringen kann, näher zu bestimmen, theilte ich die zwölf oder dreizehn Mondsmonate, welche in einem Jahr, vom ersten Neumond nach dem Wintersolstitium bis zum ersten Neumond nach dem folgenden Wintersolstitium vorkommen, in vier Abtheilungen, den 12., 13., 1. und 2. Monat rechnete ich zum Winter, den 3., 4. und 5. zum Frühling, den 6., 7. und 8. zum Sommer, und die drei übrigen zum Herbst, wodurch sämmtliche Umläufe des Monds möglichst genau nach den vier Jahreszeiten geordnet sind.

1) Barometerstand.

Die folgende Tabelle enthält für die vier Jahreszeiten und für das ganze Jahr den mittleren auf 10° R. reducirten Barometerstand einer jeden der acht Monatsphasen, wobei die nebenstehende Zahl zugleich angiebt, aus wie viel mittleren Barometerständen einzelner Tage der mittlere Barometerstand der Phase gefunden wurde, welche Zahlen auch für die übrigen Tabellen gelten. In der letzten Spalte habe ich die aus zehnjährigen zu Karlruhe angestellten Beobachtungen sich ergebenden Barometerstände zur Vergleichung beigefügt.

1) Eine vollständige Auseinandersetzung dieser Methode findet man in diesen Annalen, 1833, Bd. XXX S. 83.

Monds-phase.	Winter.		Frühling.		Sommer.		Herbst.		Jahr.		Karlsruh.	
	Barometer.	Zahl.	Barometer.	Zahl.	Barometer.	Zahl.	Barometer.	Zahl.	Barometer.	Zahl.	Barometer.	Zahl.
Neumond	27"9''',1642	340	27"8''',8074	309	27"9''',1647	307	27"9''',4513	304	27"9''',1461	1260	27"10''',339	458
1. Oct.	9 ,2611	328	8 ,5689	289	8 ,9990	290	9 ,2091	290	9 ,0179	1197	10 ,409	456
1. Viertel	9 ,3384	339	8 ,6579	304	9 ,2028	305	8 ,7807	307	9 ,0044	1255	9 ,927	464
2. Oct.	9 ,1359	324	8 ,2011	289	9 ,1643	291	8 ,4656	291	8 ,7532	1195	9 ,620	451
Vollmond	9 ,1006	341	8 ,3288	309	9 ,1175	307	9 ,3932	310	8 ,9881	1267	9 ,963	461
3. Oct.	9 ,1114	321	8 ,7345	294	9 ,2556	289	9 ,3960	291	9 ,1228	1195	10 ,193	453
Letzt. Viert.	9 ,6316	347	8 ,7747	307	9 ,1489	310	9 ,2840	307	9 ,2230	1271	10 ,563	469
4. Oct.	9 ,1221	325	8 ,5610	290	9 ,1325	286	9 ,2241	292	9 ,0160	1193	10 ,427	449
Mittel	9 ,2361	2665	8 ,5814	2391	9 ,1498	2385	9 ,1526	2392	9 ,0356	9833	10 ,181	3662

Digitized by Google

Es fällt daher im ganzen Jahr der höchste Barometerstand, nach den Strafsburger wie nach den Karlsruher Beobachtungen, auf das letzte Viertel, und der tiefste auf den zweiten Octanten, und der Gang des Barometers ist völlig regelmäfsig, mit Ausnahme des tiefen Standes am vierten Octanten, oder nach den Karlsruher Beobachtungen am Neumond, welchen man entweder als eine blofs zufällige Abweichung oder auch als ein kleineres Minimum betrachten kann, auf welches im Neumond, oder, nach den Karlsruher Beobachtungen, im ersten Octanten ein zweites kleineres Maximum folgt. In den verschiedenen Jahreszeiten zeigen aber die Schwankungen der Quecksilbersäule viel weniger Regelmäfsigkeit, und sie sind im Herbst und Winter viel bedeutender als im Frühling und Sommer; das Maximum fällt nur im Winter auf das letzte Viertel, im Sommer schon auf den dritten Octanten, und im Frühling und Herbst auf den Neumond, jedoch steht im letzten Viertel das Barometer immer über dem mittleren Stande, und man kann die auf den Neumond fallenden als die zweiten Maxima betrachten, welche das im letzten Viertel eintretende erste Maximum zufällig übertreffen. Das Minimum fällt im Frühling und Herbst auf den zweiten Octanten, im Winter erst auf den Vollmond und im Sommer schon auf den ersten Octanten, also immer in den Zeitraum, welchen der zunehmende Mond umfafst. Nennt man nun das auf den abnehmenden Mond fallende Maximum, und eben so das auf den zunehmenden Mond fallende Minimum das erste, dagegen das im zunehmenden Mond eintretende Maximum und eben so das im abnehmenden Mond eintretende Minimum das zweite, so giebt folgende Zusammenstellung eine Uebersicht über den Zeitpunkt ihres Eintritts und über die Gröfse ihres Unterschieds.

Jahreszeit.	1. Maximum.	1. Minimum.	Unterschied.	2. Maximum.	2. Minimum.	Untersch.
Winter	Letztes Viertel	Vollmond	0''',5310	1. Viertel	4. Octant	0''',2163
Frühling	- -	2. Octant	0 ,5736	Neumond	- -	0 ,2464
Sommer	3. Octant	1. Octant	0 ,2566	1. Viertel	- -	0 ,0703
Herbst	- -	2. Octant	0 ,9304	Neumond	- -	0 ,2272
Jahr	Letztes Viertel	- -	0 ,4698	-	- -	0 ,1301
Karlsruhe	- -	- -	0 ,9430	1. Octant	Neumond	0 ,0700

Digitized by Google

Im Allgemeinen läſst sich hieraus auf Folgendes schlieſsen: 1) Die regelmäſsige Oscillation des Barometers während eines synodischen Umlaufs des Mondes ist in jeder Jahreszeit merklich, aber, wie alle Schwankungen des Barometerstandes, im Winterhalbjahre bedeutender als im Sommer; dabei steht in jeder Jahreszeit das Barometer im abnehmenden Mond höher als im zunehmenden. Ferner zeigt sich im abnehmenden Mond immer ein Maximum des Barometerstandes, das gewöhnlich auf's letzte Viertel fällt, und eben so zeigt sich ein diesem vorhergehendes Minimum im zunehmenden Mond, das gewöhnlich auf den zweiten Octanten fällt; ein zweites, meistens kleineres Maximum tritt in den ersten Tagen des zunehmenden Mondes ein, welchem ein zweites, immer kleineres Minimum im vierten Octanten vorhergeht.

2) Der Einfluſs der Lunistitien auf die Schwankungen des Barometerstandes ist unmerklich, oder wenigstens sehr unbedeutend. Da nämlich, nach Flaugergues, beim nördlichen Lunistitium das Barometer höher stehen soll als beim südlichen, so müſste im Winter das Maximum auf den Vollmond und das Minimum auf den Neumond, umgekehrt aber im Sommer das Maximum auf den Neumond und das Minimum auf den Vollmond fallen, was sich aber aus der obigen Tabelle nicht ergiebt, da im Sommer wie im Winter zur Zeit des Neumonds der Barometerstand höher ist als zur Zeit des Vollmonds, und selbst nicht einmal das im Winter auf den Vollmond fallende Minimum durch den Einfluſs des nördlichen Lunistitiums weniger bedeutend wird als im Sommer. Eben so müſste im Frühling dem ersten Viertel der höchste und dem letzten Viertel der tiefste, und umgekehrt im Herbst dem ersten Viertel der tiefste und dem letzten Viertel der höchste Barometerstand zukommen, aber nur im Herbst bemerkt man hiervon Einiges in der Tabelle, weil alsdann die von Flaugergues angenommene Wir-

Digitized by Google

kung der Lunistitien mit der regelmäfsigen Oscillation nahe zusammentrifft.

2) Anzahl der wäfsrigen Niederschläge.

Die folgende Tabelle enthält die Anzahl der Tage mit wäfsrigen Niederschlägen für jede der vier Jahreszeiten und für das ganze Jahr. In der mit beob. Zahl bezeichneten Spalte findet man die aus den Beobachtungen unmittelbar sich ergebende Anzahl der nassen Tage, und in der andern, mit red. Zahl bezeichneten Spalte die auf 10000 reducirte Anzahl derselben; jede dieser Zahlen erhält man durch Multiplication der beobachteten Zahl mit 10000, und Division des Products mit der bei den Barometerständen angegebenen, derselben Jahreszeit und Mondsphase entsprechenden Zahl der Tage; so findet man z. B. die dem Neumond im Winter zugehörige reducirte Zahl 3588, wenn man die Zahl 1190000 mit 340 dividirt. In der dem ganzen Jahr zugehörigen Spalte sind diese Zahlen auf 100000 reducirt, und diesen habe ich noch die aus 30jährigen zu Karlsruhe angestellten Beobachtungen sich ergebenden reducirten Zahlen der wäfsrigen Niederschläge zur Vergleichung beigefügt.

Digitized by Google

Mondsphase.	Winter.		Frühling.		Sommer.		Herbst.		Jahr.		Karlsruhe.
	Beob. Zahl.	red. Zahl.	Beob. Zahl.	Red. Zahl.	Beob. Zahl.	Red Zahl.	Beob. Zahl.	Red. Zahl.	Beob. Zahl.	Red. Zahl.	Red. Zahl.
Neumond	119	3500	114	3689	137	4463	98	3224	468	37143	46301
1. Octant	117	3567	114	3945	117	4034	101	3483	449	37510	45359
1. Viertel	139	4100	114	3750	121	3967	128	4169	502	40000	47004
2. Octant	133	4105	116	4014	125	4296	136	4674	510	42678	48986
Vollmond	133	3900	115	3722	124	4039	103	3323	475	37490	47013
3. Octant	119	3707	115	3911	114	3945	116	3986	464	38828	45420
Letztes Viertel	117	3372	113	3681	126	4064	117	3811	473	37215	43272
4. Octant	110	3384	110	3793	108	3775	94	3219	422	35373	43050
Mittel	987	3701	911	3810	972	4075	893	3733	3763	38269	45801

Google

Es fällt also, nach den Strafsburger wie nach den Karlsruher Beobachtungen, im ganzen Jahr die gröfste Anzahl der Tage mit wäfsrigen Niederschlägen auf den zweiten Octanten, und die kleinste Anzahl derselben auf den vierten Octanten, und wenn man die geringe auf den Vollmond fallende Anzahl der nassen Tage als eine zufällige Abweichung betrachten will, was wohl geschehen darf, da die Karlsruher Beobachtungen für diese Phase eine sehr grofse Zahl geben, so ist die Zu- und Abnahme der Zahlen vollkommen regelmäfsig, und stimmt mit den Schwankungen des Barometerstandes beinahe ganz überein. Es trifft nämlich das Maximum der nassen Tage mit dem Minimum des Barometerstandes zusammen, aber das Minimum der nassen Tage tritt erst am vierten Octanten ein, während das Maximum des Barometerstandes auf das letzte Viertel fällt. Dabei ist während der von hohem Barometerstand begleiteten Periode des abnehmenden Mondes die Anzahl der wäfsrigen Niederschläge stets geringer als während der von tiefem Barometerstand begleiteten Periode des zunehmenden Monds. Eben so zeigen auch die vier Jahreszeiten dieses periodische Zu- und Abnehmen mehr oder weniger deutlich, nur fällt das Maximum der nassen Tage im Sommer nicht auf den zweiten Octanten, sondern auf den Neumond, was jedoch als eine blofs zufällige Abweichung betrachtet werden kann, da im zweiten Octanten die Zahl der nassen Tage ebenfalls sehr grofs ist; ferner fällt das Minimum der nassen Tage nur im Sommer und Herbst auf den vierten Octanten, im Winter und Frühling aber auf das letzte Viertel. — Im Winter geht die Abnahme vom Vollmond an regelmäfsig fort bis zum letzten Viertel, worauf alsdann die Zunahmsperiode folgt, welche ebenfalls ununterbrochen bis zweiten Octanten fortgeht, und diese Schwankungen in der Anzahl der nassen Tage stimmen mit den gleichzeitigen des Barometers ziemlich gut überein; das Maximum des Barometerstands fällt mit dem Mi-

Digitized by Google

Minimum der nassen Tage zusammen, aber das Maximum der letzteren tritt schon am zweiten Octanten ein, während das Barometer erst am Vollmond seinen tiefsten Stand erreicht, und dabei zeigt sich noch die Abweichung, daſs nach dem Neumond, während des steigenden Barometers, die Anzahl der nassen Tage zunimmt. — Im Frühling ist die Zu- und Abnahme der Zahlen sehr unregelmäſsig, auf jede gröſsere Zahl folgt wieder eine kleinere, so hat der zweite Octant das Maximum, im Vollmond ist aber die Zahl unter, im dritten Octant wieder über dem Mittel, und nur vom letzten Viertel bis zum ersten Octanten bleibt die Anzahl der nassen Tage kleiner als die mittlere; es wird aber die vom letzten Viertel an wachsende Menge der nassen Tage im Neumond und hierauf wieder im ersten Viertel durch beträchtliche Abnahmen unterbrochen. Dabei fällt auch das Maximum des Barometerstands nicht mit dem Minimum der nassen Tage, wohl aber das Minimum des Barometerstands mit dem Maximum der nassen Tage zusammen, und es zeigt sich in jeder Phase (mit Ausnahme des dritten Octanten), der ein höherer Barometerstand zukommt, eine kleinere Anzahl von nassen Tagen, als in den Phasen, in welchen der Barometerstand niedriger ist. — Eben so wird auch im Sommer die Regelmäſsigkeit der periodischen Zu- und Abnahme durch bedeutende Schwankungen gestört; zwar nehmen die Zahlen vom Vollmond an ziemlich regelmäſsig ab, und nur im letzten Viertel tritt eine unbedeutende Zunahme ein, aber im Neumond ist die Anzahl der nassen Tage auffallend groſs, und man bemerkt, daſs den groſsen Zahlen im Neumond, zweiten Octanten und letzten Viertel immer sehr kleine Zahlen vorangehen. Ferner zeigt sich auch keine Uebereinstimmung der Anzahl der nassen Tage mit dem gleichzeitigen Stande des Barometers; mit dem hohen Barometerstand im Neumond fällt das Maximum, und mit dem tiefen Stande am vier-

ten Octanten das Minimum der nassen Tage zusammen; jedoch ist das Maximum des Barometers am dritten Octanten mit einer kleinen, aber das Minimum desselben am ersten Octanten mit keiner grofsen Anzahl der nassen Tage verbunden. Viel regelmäfsiger ist die Zu- und Abnahme der Zahlen im Herbst. Die Zunahmsperiode, welche vom Neumond bis zum zweiten Octanten dauert, geht völlig regelmäfsig fort, und die Abnahmsperiode wird nur im Vollmond durch eine auffallend kleine Anzahl nasser Tage gestört. Beinahe eben so deutlich zeigt sich der Zusammenhang der Schwankungen des Barometers mit der Zu- und Abnahme der Anzahl der nassen Tage; zwar fällt das Maximum des Barometerstandes nicht ganz mit dem Minimum der nassen Tage, wohl aber das Minimum des Barometerstandes mit dem Maximum derselben zusammen, und die Anzahl der letzteren nimmt vom Neumond bis zum zweiten Octant ununterbrochen zu, während das Barometer fortdauernd fällt; aber vom Vollmond bis zum vierten Octanten ist der Gang des Barometers, so wie die Abnahme der wäfsrigen Niederschläge weniger regelmäfsig.

Die hier angegebenen Resultate stimmen mit den von Schübler [1]) mitgetheilten, und den aus den Karlsruher Beobachtungen [2]) sich ergebenden beinahe vollkommen überein, und man kann daher annehmen, dafs eine regelmäfsige Zu- und Abnahme der Anzahl wäfsriger Niederschläge während eines synodischen Umlaufs des Mondes stattfindet, dafs diese Zu- und Abnahmen derselben mit den entgegengesetzten Schwankungen des Barometerstandes gleichzeitig eintreten, und dafs ferner diese Oscillation im Herbst und Winter bedeutender und regelmäfsiger ist, als im Frühling und Sommer.

1) Resultate 60jähriger Beobachtung. Kastner's Archiv für Chemie und Met. Bd. V S. 176. 177.

2) Diese Annalen, 1833, Bd. XXX S. 85 und folg.

3) Quantität des gefallenen Regenwassers.

Der Einflufs des Mondes auf die Menge des gefallenen meteorischen Wassers wurde, so viel mir bekannt ist, bis jetzt nur von Schübler [1]) untersucht, und ich glaube daher, in der folgenden Zusammenstellung für die Bestimmung dieses wichtigen Einflusses einen nicht uninteressanten Beitrag zu liefern, da die Beobachtungen, aus welchen die Resultate gezogen sind, eine Reihe von 27 Jahren umfassen, und während dieses Zeitraums mit der gröfsten Sorgfalt ununterbrochen angestellt wurden. Die erste Tabelle ist, wie die für die wäfsrigen Niederschläge mitgetheilte, eingerichtet, sie enthält für jede der vier Jahreszeiten und für das ganze Jahr sowohl die unmittelbar aus den Beobachtungen sich ergebende als auch die auf 10000 reducirte Summe des gefallenen Regenwassers in Millimetern ausgedrückt. Die zweite Tabelle enthält aber die mittlere Dichtigkeit des Regens, indem nämlich, wenn in a Regentagen eine Quantität b Wasser gefallen ist, der Quotient $\frac{a}{b}$ die mittlere Dichtigkeit der Niederschläge oder die Quantität des Wassers angiebt, welche im Durchschnitt an einem Regentag fällt. Man findet also die in der zweiten Tabelle enthaltenen Zahlen durch Division der in der ersten Tabelle angegebenen mit den Zahlen, welche die Anzahl der beobachteten Niederschläge angeben, und welche in der früheren Tabelle für die nassen Tage enthalten sind; so erhält man z. B. die dem Neumond im Frühling zugehörige Zahl 3,9000 durch Division von 444,60 mit 114.

1) Untersuchung über den Einflufs des Mondes auf die Veränderungen unserer Atmosphäre. Leipzig 1830. S. 20.

1) Quantität des gefallenen Regenwassers.

Mondsphase.	Winter.		Frühling.		Sommer.		Herbst.		Jahr.	
	Beob. Summe.	Reduc. Summe	Beob. Summe	Reduc. Summe	Beob. Summe	Reduc. Summe	Beob. Summe	Reduc. Summe	Beob. Summe	Reduc. Summe
Neumond	440,88	12967	444,60	14388	793,64	25851	541,24	17804	2220,36	176219
1. Octant	439,84	13410	601,88	20826	826,72	28508	519,88	17949	2388,32	199525
1. Viertel	441,48	13023	572,56	18834	734,16	24071	689,36	22455	2437,56	194228
2. Octant	428,36	13221	475,40	16450	804,08	27632	743,54	25551	2451,38	205136
Vollmond	453,44	13297	547,88	17731	1006,88	32797	571,20	18126	2579,40	203583
3. Octant	401,84	12518	500,60	17027	681,64	23586	591,12	20313	2175,20	182025
Letztes Viertel	388,72	11202	636,36	20728	835,00	26935	580,44	18907	2440,52	192016
4. Octant	340,00	10462	462,36	15943	606,92	21221	394,20	13500	1803,48	151172
Mittel	3334,56	12512	4241,64	17740	6289,04	26369	4630,98	19319	18196,22	188103

Digitized by Google

2) Dichtigkeit des Regens.

Mondsphase.	Winter.	Frühling.	Sommer.	Herbst.	Jahr.
Neumond	3,7049	3,9000	5,7930	5,5229	4,74436
1. Octant	3,7591	5,2796	7,0660	5,1473	5,31920
1. Viertel	3,1761	5,0224	6,0674	5,3856	4,85570
2. Octant	3,2208	4,0983	6,4326	5,4672	4,80663
Vollmond	3,4093	4,7642	8,1200	5,5456	5,43032
3. Octant	3,3768	4,3530	5,9793	5,0959	4,68793
Letzt. Viert.	3,3224	5,6315	6,6270	4,9610	5,15966
4. Octant	3,0909	4,2033	5,6196	4,1936	4,27365
Mittel	3,3785	4,6560	6,4702	5,1859	4,91528

Es fällt daher im ganzen Jahr die gröfste Menge des meteorischen Wassers im zweiten, und die geringste Menge desselben im vierten Octanten, dabei bemerkt man noch ein zweites kleineres Maximum im ersten Octanten, welchem ein zweites kleineres Minimum im dritten Octanten folgt. Ohne diese beiden letzteren, übrigens nur wenig bedeutenden Extreme, würde die Menge des Regenwassers vom Neumond an bis zum zweiten Octanten regelmäfsig wachsen, und vom Vollmond an bis zum vierten Octanten eben so regelmäfsig abnehmen. Vergleicht man diese Resultate mit den für den Barometerstand und die Anzahl der nassen Tage gefundenen, so zeigt sich eine merkwürdige Uebereinstimmung; es fällt nämlich das Minimum des Barometerstands, das Maximum der nassen Tage und das Maximum der Regenmenge auf den zweiten Octanten, und eben so fallen die Minima der nassen Tage und der Regenmenge auf den vierten Octanten, aber das Maximum des Barometerstands tritt schon am letzten Viertel ein. Dabei ist der Zeitraum des zunehmenden Mondes die Periode des fallenden Barometers, und zugleich der, sowohl hinsichtlich der Anzahl der Regentage als hinsichtlich der Menge des gefallenen Wassers, zunehmenden Regenmenge, und umgekehrt ist der Zeitraum des abnehmenden Mondes die Periode des steigenden Barometers und zugleich die Periode der abneh-

Digitized by Google

menden Regenmenge. — Die einzelnen Jahreszeiten zeigen dieses periodische Zu- und Abnehmen der Regenmenge ebenfalls ganz deutlich, aber weniger regelmäfsig als das ganze Jahr. Die gröfste Menge des Regenwassers fällt nur im Herbst im zweiten Octanten, im Winter und Frühling im ersten Octanten, und im Sommer im Vollmond, dagegen fällt die geringste Menge desselben zu allen Jahreszeiten im vierten Octanten, mit Ausnahme des Frühlings, wo sie erst am Neumond eintritt. Im Winter wird die mit dem Neumond anfangende und bis zum Vollmonde dauernde Zunahme der Regenmenge nur durch das auf den ersten Octanten fallende Maximum in ihrer Regelmäfsigkeit gestört, aber die Abnahmsperiode, welche vom Vollmond bis zum vierten Octanten dauert, ist vollkommen regelmäfsig. Dabei trifft aber weder das Maximum noch das Minimum der Regenmenge mit dem Maximum und Minimum der nassen Tage oder mit dem Minimum und Maximum des Barometerstands genau zusammen. — Im Frühling zeigt die Regenmenge nur ganz unregelmäfsige Schwankungen; auf das im Neumond eintretende Minimum folgt sogleich im ersten Octanten das Maximum, vom zweiten bis dritten Octanten ist die Menge des Regenwassers immer geringer als die mittlere, und im letzten Viertel fällt wieder eine sehr grofse, dem Maximum beinahe gleichkommende Menge Wasser. Eben so trifft das Maximum der Regenmenge weder mit dem Maximum der nassen Tage noch mit dem Minimum des Barometerstands, wohl aber das Minimum der Regenmenge mit dem Maximum des Barometerstands und mit einer sehr geringen, wenn auch nicht mit der kleinsten Anzahl der nassen Tage zusammen. Der Sommer zeigt ebenfalls nur wenig Regelmäfsigkeit, jedoch ist die Zu- und Abnahme der Zahlen etwas regelmäfsiger als im Frühling, und nur die grofsen Zahlen im ersten Octanten und letzten Viertel stören die Ordnung der Zu- und Abnahme. Dabei fällt das Minimum der Regenmenge

nur mit dem Minimum der nassen Tage, nicht aber mit dem Maximum des Barometerstands, und das Maximum derselben weder mit dem Maximum der nassen Tage noch mit dem Minimum des Barometerstands, wohl aber mit einer großsen Anzahl nasser Tage und einem tiefen Barometerstand zusammen. Im Herbst wird die Regelmäßsigkeit der Zunahme der Regenmenge, welche Periode vom Neumond bis zum zweiten Octanten dauert, durch keine Unterbrechung, dagegen aber die Abnahmsperiode durch die unverhältnißsmäßsig kleine Regenmenge im Vollmond gestört, und das Maximum der Regenmenge fällt sowohl mit dem Maximum der nassen Tage als auch mit dem Minimum des Barometerstands, aber das Minimum derselben nur mit dem Minimum der nassen Tage, nicht aber mit dem Minimum des Barometerstands zusammen.

In der zweiten Tabelle, welche die Dichtigkeit des Regens oder die Quantität des Wassers angiebt, welche im Durchschnitt an einem Regentage fällt, bemerkt man nun wenig Regelmäßsigkeit in der Zu- und Abnahme der Zahlen, jedoch erkennt man in den meisten Jahreszeiten während des zunehmenden Monds die Periode der zunehmenden Dichtigkeit, und umgekehrt im Zeitraum des abnehmenden Monds die Periode der abnehmenden Dichtigkeit. Dabei fällt auch das Maximum der Dichtigkeit im Sommer, im Herbst und im ganzen Jahr auf den Vollmond, aber im Winter schon auf den ersten Octanten, und im Frühling erst auf das letzte Viertel. Eben so fällt das Minimum der Dichtigkeit in allen Jahreszeiten auf den vierten Octanten, und nur im Frühling erst auf den Neumond, was daher mit den über den Barometerstand, die Anzahl der nassen Tage und die Menge des meteorischen Wassers gefundenen Resultaten nahe übereinstimmt.

Digitized by Google

Zur leichteren Uebersicht der aus den obigen Betrachtungen sich ergebenden Resultate stelle ich noch die mittleren Barometerstände, die reducirten Zahlen der nassen Tage und der Regentage, so wie die Dichtigkeit des Regens in folgender Tabelle zusammen:

Mond.	Barometer.	Nasse Tage.	Regenmenge.	Dichtigkeit.
Neumond	27 9''',1461	37143	176219	4,74436
1. Octant	9 ,0179	37510	199525	5,31920
1. Viertel	9 ,0044	40000	194228	4,85570
2. Octant	8 ,7532	42678	205136	4,80663
Vollmond	8 ,9881	37490	203583	5,43032
3. Octant	9 ,1228	38828	182025	4,68793
Letztes Viertel	9 ,2230	37215	192016	5,15966
4. Octant	9 ,0160	35373	151172	4,27365
Mittel	9 ,0356	38269	188103	4,91528

Hieraus ergiebt sich, dafs das Minimum des Barometerstands mit dem Maximum der nassen Tage und der Regenmenge völlig, und mit der gröfsten Dichtigkeit des Regens nahe zusammentrifft, dafs aber das Maximum des Barometers dem Minimum der nassen Tage, der Regenmenge und der Dichtigkeit des Regens um eine Phase vorangeht. Ferner zeigt sich während der im zunehmenden Mond eintretenden Periode des fallenden Barometers eine regelmäfsige Zunahme der nassen Tage und der Regenmenge, und dabei ist auch die Dichtigkeit des Regens im Durchschnitt gröfser als während des abnehmenden Monds, wo die Periode des steigenden Barometers mit einer ziemlich regelmäfsigen Abnahme der Anzahl der nassen Tage und der Quantität des gefallenen Regenwassers zusammentrifft. Es zeigen folglich die Strafsburger Beobachtungen zwischen dem synodischen Umlauf des Monds und den Schwankungen des Barometerstands, so wie dem Wechsel in der Häufigkeit wäfsriger Niederschläge denselben Zusammenhang eben so deutlich, wie die von mir schon früher bekannt gemachten Karlsruher

Beobachtungen; zugleich zeigen aber jene, dafs dieser Zusammenhang nicht allein auf die Anzahl der wäfsrigen Niederschläge, sondern auch auf die Quantität des gefallenen meteorischen Wassers, und selbst auf die Dichtigkeit des Regens ausgedehnt werden mufs.

Aus allen über diesen Gegenstand bekannt gewordenen Untersuchungen ergiebt sich ein unzweifelhafter und höchst merkwürdiger Einflufs des Mondes auf die Veränderungen in unserer Atmosphäre, und es ist sehr zu wünschen, dafs diese Untersuchungen noch weiter ausgedehnt, und unsere Erfahrungen durch mehrere, an verschiedenen Orten angestellte Beobachtungen vermehrt werden möchten [1])!

Heidelberg, den 12. März 1834.

1) Druckfehler in der früheren Abhandlung über den Einflufs des Mondes auf die Witterung. Diese Annalen, 1833, Bd. XXX.

Seite 75 Zeile 18 statt 12,541 lies 12,451
— 75 Z. 22 st. 13,642 l. 13,462
— 79 Z. 4 st. wie diese l. in dieser
— 83 Z. 26 st. wurde l. wurden.
— 84 Z. 17 st. andern l. andere
— 90 Z. 4 st. kleines l. kleineres
— 90 Z. 19 st. mufsten l. müssen
— 92 Z. 29 st. habe l. hat
— 94 Z. 3 von unten st. Monatslaufes l. Mondsumlaufes
— 97 Z. 10 (Längszeile) st. 7425 l. 7325

VII. *Anwendung des polarisirten Lichts zu mikroskopischen Beobachtungen.*

Diese von Hrn. Talbot vorgeschlagene Anwendung besteht in der Verbindung eines Mikroskops mit einem Lichtpolarisations-Apparat. Man läfst das Licht durch ein Nicol'sches Prisma (Annalen, Bd. XXIX S. 182) in das Mikroskop eintreten, und hält vor dem Auge ein zweites Prisma der Art, so gestellt, dafs sein Hauptschnitt rechtwinklig auf dem des ersten Prisma's steht, das Auge also, beim Durchsehen durch den Apparat, völlige Dunkelheit erblickt. Bringt man nun zwischen das erste Prisma und das Objectiv des Mikroskops eine Substanz, die fähig ist die sogenannte Depolarisation [1]) hervorzubringen, so erscheint diese Substanz hell auf dunklem Grunde. Auf diese Weise hat Hr. Talbot, indem er Tropfen von Lösungen verschiedener Salze auf Glasplatten krystallisiren liefs, unter andern den von Brewster beobachteten Dichroismus des essigsauren Kupferoxyds bestätigt gefunden, so wie auch die Angabe desselben Physikers, dafs das scheinbare Dihexaëder des schwefelsauren Kalis ein Drilling ist (*Phil. Mag.* 1834, *T. V p.* 321). — Die Anwendung dieser Methode ist aber offenbar nur in besonderen Fällen und mit Vorsicht zu gestatten, denn es kann geschehen, dafs die betrachtete (organische) Substanz nur an einigen Stellen depolarisirend wirkt, an andern aber nicht, hier also dunkel bleibt; auch treten Farben auf, die zwar ergötzlich seyn mögen (wie z. B. nach Hrn. T. beim Kupfervitriol), der Substanz aber nicht angehören, und deshalb nur störend wirken.

1) Eine wahre Depolarisation, eine Zurückführung des polarisirten Lichts zum gemeinen findet so nie statt; das sogenannte depolarisirte Licht besteht immer aus einem oder zwei Bündeln circular oder elliptisch polarisirten Lichts. *P.*

Digitized by Google

VIII. *Ueber die Zusammensetzung der Porcellanerde und ihre Entstehung aus dem Feldspath; von G. Forchhammer*[1].

Es ist schon längst anerkannt, dafs die unter dem Namen Porcellanerde bekannten reineren Thonarten der Verwitterung des Feldspaths ihren Ursprung verdanken. Geognostische Untersuchungen haben diefs über jeden Zweifel erhoben; allein die chemische Analyse ist bis jetzt nicht im Stande gewesen, das Verhältnifs des Thons zum Feldspath festzustellen, und auf diese Weise eine genügende Erklärung des Phänomens der Verwitterung zu geben. Man braucht nur die Analyse verschiedener Porcellanthone zu vergleichen, oder selbst die zu ver-

1) Seit Jahren mit der Ausarbeitung einer Geognosie der dänischen Staaten beschäftigt, hatte ich mir die Aufgabe gestellt, die Bildung jener ungeheuren Thonmassen zu erklären, die einen viel gröfseren Theil von dem Boden des Landes ausmachen als die festen Gesteine. Es schien mir selbst die Bildung des reinsten Thons, des Kaolins, nur in so fern erklärt, als man die ganz allgemeinen Bedingungen dieser Veränderung angab; so wie man aber tiefer in eine eigentliche Construction des Phänomens sich einliefs, zeigten sich schon Schwierigkeiten bei der Betrachtung der quantitativen Veränderungen, und noch viel gröfsere machten sich bemerklich, wenn man versuchte sich die Bedingungen dieser umfassenden Veränderung klar zu machen. Meine Untersuchungen über die Zusammensetzung der gewöhnlichen Thonarten und des Kaolins wurden in den Jahren 1829, 1830, 1831, 1832 der Kopenhagener Gesellschaft der Wissenschaften vorgelegt, und sind theils in den Schriften dieser Gesellschaft abgedruckt, theils auszugsweise in ihren Programmen mitgetheilt. Nicht ganz befriedigt von den damals erhaltenen Resultaten habe ich die Untersuchungen wieder vorgenommen, und lege jetzt einen Theil derselben dem deutschen Publicum vor, in der Hoffnung, dafs Untersuchungen über so wichtige Gegenstände, selbst bei einer unvollkommenen Behandlung, doch nicht ohne Interesse seyn werden. *F.*

Digitized by Google

schiedenen Zeiten und von verschiedenen Chemikern angestellten Untersuchungen des Porcellanthons einer und der nämlichen Grube zusammenzuhalten, um sich zu überzeugen, dafs hier ein gemeinschaftlicher Grund des Irrthums versteckt liege. Wie sollte man auch erwarten können, dafs ein so durchaus unkrystallinisches Mineral von so geringem Zusammenhalt frei von Einmengungen bleiben oder durch Schlemmen chemisch rein dargestellt werden könne. Jetzt, wo wir in dem kohlensauren Natron ein Mittel besitzen, Kieselerde, die unmittelbar vorher aus ihrer chemischen Verbindung ausgeschieden ist, von solcher, die nicht in jene Verbindung eintrat, zu trennen, bietet die Aufgabe, die wahre chemische Zusammensetzung der Porcellanerde zu bestimmen, wenig Schwierigkeiten dar.

Nachdem ich mich überzeugt hatte, dafs Schwefelsäure das beste Auflösungsmittel für den Porcellanthon sey, wurde ein gleichmäfsiger Gang bei allen Analysen angewandt.

79,868 englische Gran *Porcellanthons von Sedlitz*, die längere Zeit in der Temperatur des kochenden Wassers getrocknet worden waren, gaben durch Glühen in einem Platintiegel einen Verlust von 7,458 (1), die als *Wasser* berechnet wurden. Die geglühte Masse wurde in einer Platinretorte mit rectificirter Schwefelsäure, verdünnt mit Wasser, übergossen, und eingekocht bis die Schwefelsäure anfing überzugehen. Die Masse wurde mit Wasser aufgekocht, und nachher auf dem Filtrum so lange mit heifsem Wasser ausgewaschen, bis es durchaus nicht mehr auf Lackmuspapier reagirte. Die Auflösung mit Ueberschufs von kohlensaurem Ammoniak digerirt und ausgewaschen gab 21,282 Grm. (2) geglühte Thonerde. Das Filtrum wurde nun auf eine Glasplatte gelegt und mit einer Spritzflasche das unaufgelöste Pulver in einen Platintiegel gewaschen; das Filtrum wurde getrocknet, verbrannt und die Asche gewogen. Die Ge-

Digitized by Google

wichtszunahme betrug 0,451 Grm. (3). — Das Pulver wurde im Tiegel drei Mal mit kohlensaurem Natron gekocht, die Lauge verdünnt, filtrirt, mit einem Ueberschufs von Salmiak zur Trockne verdampft, wieder aufgelöst und dann die Kieselerde auf einem Filtrum mit heifsem Wasser ausgewaschen. Die so gewonnene Kieselerde ist etwas in Wasser auflöslich; die abfiltrirte Lauge und das Waschwasser wurden daher aufbewahrt, und das Waschen so lange fortgesetzt, bis der Fleck, der sich beim Verdampfen auf dem Platinbleche zeigte, von einem Tropfen Wasser nicht aufgelöst, und dieser Tropfen, an einer reinen Stelle des Blechs verdampft, durchaus keinen Fleck hinterliefs. Die so gewonnene Kieselerde wog 23,764 Grm. (4).

Durch Verdampfen der Laugen und des Waschwassers, Glühen des Salzes und Wiederauflösen wurden 0,776 (5) Kieselerde gewonnen.

Der mit kohlensaurem Natron ausgekochte Rückstand des Thons wurde wieder vom Filtrum gespühlt und das Filtrum verbrannt, wodurch 0,122 (6) Rückstand erhalten wurden. Das Abgespühlte wurde mit Salzsäure eingekocht, aufgelöst, mit kohlensaurem Ammoniak gefällt, vom Filtrum abgespühlt, mit kohlensaurem Natron gekocht und dann ausgewaschen. So wurden noch 0,176 (7) Thonerde, 0,537 (8) Rückstand auf dem Filtrum, 0,246 (9) Kieselerde und 24,506 (10) unauflöslicher Rückstand gewonnen.

21,214 Gran der Thonerde wurden in Salzsäure aufgelöst, wobei 0,343 (*a*) Kieselerde zurückblieben. Die Auflösung enthielt keine Spur von Schwefelsäure, sie wurde mit kaustischem Kali, welches etwas Kohlensäure enthielt, gekocht und filtrirt, der nicht ausgewaschene Rückstand wurde vom Filtrum mit Salzsäure aufgelöst, neutralisirt, durch bernsteinsaures Ammoniak gefällt, wodurch nach dem Glühen 0,670 (*b*) Eisenoxyd gewonnen wurde; Ammoniak fällte aus der zurückbleibenden Auf-

Digitized by Google

lösung 0,500 Gran (*c*) eines gelblichen weifsen Pulvers, welches nicht Thonerde war, und zuletzt fällte kleesaurer Ammoniak etwas Kalk, welcher nach dem Glühen 0,081 (*d*) kohlensauren Kalk ausmachte. Darnach beträgt also die Thonerde 19,621.

Es wurde noch die von der zuerst gefällten Thonerde (2) abfiltrirte Lauge eingekocht, geglüht, und der Rückstand mit etwas Schwefelsäure und Wasser aufgelöst, wodurch 0,187 (11) Kieselerde erhalten wurden; die aus dieser schwefelsauren Auflösung durch kohlensauren Ammoniak gefällte Thonerde wog 0,136 (12), und nun zeigte sich noch eine höchst geringe Spur von Kali oder Natronsalz.

Die obigen Bestandtheile der 21,214 roher Thonerde machen in der Gesammtmenge von 21,282 aus:

0,342	Kieselerde	=	0,343 (*a*)
0,500	unbestimmter Stoff	=	0,502 (*c*)
0,670	Eisenoxyd	=	0,672 (6)
0,081	kohlensaurer Kalk	=	0,081 (*d*)
19,621	Thonerde	=	19,684 (*e*)
21,214			21,282.

Die Gesammtmenge der Kieselerde beträgt

in (*a*)	0,343
in (11)	0,187
in (9)	0,246
aus (8)	0,005
aus (6)	0,001
in (5)	0,776
in (4)	23,764
aus (3)	0,223
	25,545 Kieselerde.

Digitized by Google

Die Gesammtmenge der Thonerde beträgt

in (e)	19,684
in (12)	0,136
in (9)	0,176
aus (6)	0,001
aus (3)	0,002
	19,999 Thonerde.

Die Gesammtmenge des Rückstandes beträgt

in (10)	24,506
aus (8)	0,532
aus (6)	0,120
aus (3)	0,226
	25,384.

In 79,868 wurden also gefunden:

7,485 Wasser	Sauerstoff	= 6,629=2×3,309
19,999 Thonerde	-	= 9,340=3×3,113
25,545 Kieselerde	-	=13,271=4×3,318
0,672 Eisenoxyd	-	= 0,205=3×0,068
0,502 unbestimmter Stoff		
0,081 kohlensaur. Kalk		
25,384 Sand		
79,641.		

Mit Rücksicht auf den Gang der Analyse mufs ich noch bemerken, dafs es, wenn man die ausgeschiedene Kieselerde durch kochende kohlensaure Natronauflösung auflösen will, durchaus nöthig ist, auch die geringste Spur von schwefelsaurer Thonerde auszuwaschen, indem sonst die durch das Natron ausgeschiedene Thonerde eine grofse Menge Kieselerde unauflöslich in dem kohlensauren Salze macht und damit chemische Verbindungen eingeht, wie ich nachher zeigen werde.

Es ist freilich die allgemein angenommene Meinung, dafs man aus der Auflösung der schwefelsauren Thon-

Digitized by Google

erde durch Ammoniak ein basisches Salz fällt, und es hat mir auch nie gelingen wollen, durch reines Ammoniak einen schwefelsäurefreien Niederschlag zu bekommen; man erhält die Thonerde aber jedesmal frei von dieser Säure, wenn man sie durch kohlensaures Ammoniak fällt, und mit einem Ueberschusse dieses Salzes einige Zeit digerirt. Es wird dadurch eine unauflösliche Verbindung von kohlensaurem Ammoniak mit Thonerde gefällt, die bei der Temperatur des kochenden Wassers nicht vollständig zersetzt wird.

Es ergiebt sich aus der vorstehenden Analyse, dafs das Verhältnifs des Sauerstoffs im Wasser, der Thonerde und Kieselerde wie 2 : 3 : 4 ist, ein Verhältnifs, welches für die Kieselerde und Wasser mit grofser Genauigkeit gilt, und für die Thonerde wahrscheinlich eben so genau ausfallen würde, wenn es erlaubt wäre das Eisenoxyd und den unbestimmten Stoff der Thonerde zuzurechnen.

Aus dem Porcellanthon von *Schneeberg* wurde ganz auf die nämliche Weise erhalten:

65,426 englische Gran

8,520	Wasser	= 7,573	Sauerstoff	=2×3,786
24,583	Thonerde	=11,481	-	=3×3,827
28,982	Kieselerde	=15,056	-	=4×3,764
0,201	kohlensaurer Kalk			
3,349	Rückstand			
	Spur von Natron			
65,635.				

Ich mufs bei dieser Analyse bemerken, dafs die Spur von Eisen, die sich in diesem Thone findet, nicht von der Thonerde getrennt wurde.

In dem *Thone von Halle*, wie er in der Berliner Porcellanfabrik gebraucht wird, finden sich:

73,480

Digitized by Google

73,480	englische Gran			
5,462	Wasser	= 4,855	Sauerstoff	=2×2,427
16,165	Thonerde	= 7,550	-	=3×2,517
20,542	Kieselerde	=10,671	-	=4×2,668
1,371	Eisenoxyd, Mangan und Magnesia			
0,245	kohlensaurer Kalk			
0,123	Kali			
28,798	Rückstand			
72,707.				

Die einzige Abweichung in dieser Analyse war, dafs die Thonerde durch kaustisches Ammoniak gefällt und die Schwefelsäure in der gefällten Thonerde durch Chlorbarium bestimmt wurde.

Thon von *Saint Yrieux bei Limoges.*

In 92,148	englische Gran:			
6,291	Wasser	5,592	Sauerstoff	=2×2,796
17,676	Thonerde	8,256	-	=3×2,752
23,308	Kieselerde	12,105	-	=4×3,026
0,255	Magnesia Mangan	0,068 (ungefähr)		
0,366	Natron	0,091		
44,425	Rückstand			
92,321.				

Auch bei diesem sehr reinen Thone wurde die Spur von Eisenoxyd nicht von dem Thone getrennt. Das Natron wurde auf Kali geprüft.

Digitized by Google

Porcellan von *Bornholm.*

In 82,081 englische Gran

10,740	Wasser	= 9,547	Sauerst.	=2×4,773
29,491	Thonerde	=13,774	-	=3×4,591
35,102	Kieselerde	=18,135	-	=4×4,534
0,236	kohlensaur. Kalk			
2,862	Eisenoxyd, Mangan, Magnesia etc.			
0,086	Kali			
3,161	Rückstand			
81,678.				

Erdiger Lenzinit von Kall.

In 64,623 englische Gran

8,966	Wasser	= 7,970	Sauerst.	=2×3,985
23,640	Thonerde	=11,048	-	=3×3,683
29,217	Kieselerde	=15,178	-	=4×3,794
1,400	in Kali unlösliche, durch Ammoniak fällbare Oxyde			
1,533	Rückstand			
	Spuren von Kalk Magnesia in Kali			
64,756.				

Schmelzthon von Groſs-Almerode.

In 100,613 Granen geschlemmtem Thon

4,144	Wasser	=3,684	Sauerst.	=2×1,841
11,238	Thonerde	=5,249	-	=3×1,750
16,003	Kieselerde	=8,314	-	=4×2,079
3,525	in Kali unauflösliche, durch Ammoniak fällbare Oxyde			
0,791	Kali			
64,403	Rückstand			
	sehr geringe Spur von kohlensaurem Kalk			
100,104.				

Digitized by Google

Der Thon zu dieser Analyse, die so sehr von der durch den Hrn. Hofrath Wurzer bekannt gemachten abweicht, war durch meinen Freund, Herrn Professor Bredsdorf in Soröe, von Almerode mitgebracht.

Es folgt also aus diesen Analysen, dafs die Formel für die mehrsten Porcellanerden $\dddot{Al}^3 \dddot{Si}^4$ ist, und die daraus berechnete Normalzusammensetzung des Kaolins also:

Kieselerde	47,028
Thonerde	39,233
Wasser	13,739
	100,00.

Vergleichen wir nun die Formel für die Porcellanerde mit der für den Feldspath (Orthoklas), so ergiebt sich, dafs 3 At. Feldspath $\dddot{Al}^3 \dddot{Si}^9 + \dot{Ka}^3 \dddot{Si}^3 = \dddot{Al}^3 \dddot{Si}^4 + \dot{Ka}^3 \dddot{Si}^8$
nach Abzug der Porcellanerde $\dddot{Al}^3 \dddot{Si}^4$

$\dot{Ka}^3 \dddot{S}^8$

znrücklassen.

Sollen wir uns also die Bildung der Porcellanerde durch Auslaugung eines auflöslichen Kalisilicats aus dem Orthoklas denken, so mufs $\dot{Ka}^3 \dddot{Si}^8$ noch auflöslich in Wasser seyn. Bekanntlich ergiebt sich diese Formel als die wahrscheinlichste für Fuchs's Wasserglas, da indessen noch keine directen Untersuchungen über die Zusammensetzung dieses merkwürdigen Körpers angestellt sind, so beschäftigte ich mich mit einer Untersuchung der verschiedenen kieselsauren Kalisalze, deren Resultate ich hier geben werde.

Ich schmolz Kali-Wasserglas nach Fuchs's Vorschrift, pulverisirte das Glas und wusch dasselbe mit kaltem Wasser wiederholte Male aus. Nun wurde das Glaspulver gekocht, die Auflösung filtrirt und mit Weingeist gefällt. Ich konnte niemals das so gefällte Pulver wieder völlig in Wasser auflösen, da das Wasserglas

offenbar durch den Spiritus eine Zersetzung erleidet. Wenn ich das gefällte kieselsaure Kali so lange mit 30-procentigem Weingeist auswusch, bis der abgelaufene Spiritus eine kaum merkliche Wirkung auf das rothe Lackmuspapier zeigte, so hatte sich eine constante Verbindung gebildet. — Eine ungewogene Menge davon wurde noch feucht in verdünnte Salzsäure gebracht und damit zur Trockne verdampft. Bei der Wiederauflösung wurden 12,329 Kieselerde erhalten, und durch Verdampfen und schwaches Glühen im Platintiegel 4,144 Chlorkalium, die beim Wiederauflösen noch 0,177 Kieselerde hinterliefsen; also betrug die Kieselerde 12,506 und das Chlorkalium 3,967, welche 2,509 Kali entsprechen. Der Sauerstoff der Kieselerde beträgt 6,497. Im Kali finden sich 0,425 Sauerstoff. Der Sauerstoff der Säure verhält sich also zu dem der Base wie 16:1, denn $\frac{6,497}{16}=0,406$.

Gefunden.		Berechnet.	
83,29	Kieselerde	83,92	Kieselerde
16,71	Kali	16,08	Kali

Als ich die Auflösung des Wasserglases durch 70procentigen Weingeist fällte, und ohne zu waschen den Niederschlag auspreſste und stark trocknete, erhielt ich aus 60,004 engl. Granen 38,053 Kieselerde und 22,427 Chlorkalium, und in dem letzten noch 0,671 Kieselerde, also im Ganzen in 38,724.

13,763 Kali = 2,333
38,724 Kieselerde =20,117=8×2,515=9×2,235=3×6,706
7,517 Wasser = 6,682=3×2,227.

Es scheint hieraus hervorzugehen, dafs der Weingeist durch das Fällen und nachherige Auswaschen dem Wasserglas einen Theil seines Kalis entzieht, und diese zersetzende Wirkung erst aufhört, wenn die Verbindung $\dot{K}^8 \dddot{Si}^{16}$ gebildet ist. Kocht man die durch Weingeist gefällte Verbindung mit Wasser, so bekommt man eine

Digitized by Google

auflösliche Verbindung, die auf die nämliche Weise analysirt sich so zusammengesetzt erweist:

52,384 Kieselerde	=27,214	Sauerst.	=8×3,402=7×3,888
20,811 Kali	= 3,527		

Gefunden.	Berechnet.
71,57	72,31
28,44	27,69.

Man sieht also ganz deutlich, dafs das kieselsaure Kali, worin der Sauerstoff der Säure acht Mal so grofs ist, als der der Base, noch auflöslich ist, die geringste Menge Kieselerde mehr aber nicht mehr gelöst wird. — Es ist keine reine Kieselerde, die unaufgelöst bleibt, wenn man durch Weingeist gefälltes Kali-Wasserglas mit Wasser kocht; sie backt beim Glühen zusammen. 10,420 dieses unauflöslichen, stark getrockneten Stoffes wurden, pulverisirt, mit Salzsäure eingedampft und gaben:

8,424	Kieselerde	=4,376	Sauerst.	=36×121=32×137
0,706	Kali	=0,120		
1,290	Wasser durch Abziehen der übrig. Bestandtheile erhalten	=1,137	Sauerst.	= 9×126= 8×142
10,420.				

Gefunden.		Berechnet.
7,73	Kali	7,85
92,27	Kieselerde	92,15
100.		100.

Obgleich die Analyse der früher angeführten Salze es wahrscheinlich macht, dafs das Verhältnifs des Sauerstoffs der Säure zur Base hier 32 : 1 ist, so habe ich doch keinen Grund in dieser einfachen Analyse einen solchen Verlust an Kali anzunehmen, auch würde dann das Verhältnifs des Wassers nicht so gut passen. Ich nehme also die Formel für dieses Salz zu $\dot{K}a\dddot{S}^{12}\,Aq^{9}$ an.

Digitized by Google

Ich habe noch ein viertes Kalisilicat beobachtet. Man erhält es, wenn man chemisch ausgeschiedene Kieselerde mit Ueberschufs von kaustischer Kaliauflösung kocht und dann Weingeist zusetzt, bis die Mischung etwa 30 Procent Alkohol enthält. Das Silicat scheidet sich bald als eine schwere Flüssigkeit aus; ich giefse den Weingeist ab, löse das Silicat-Hydrat in Wasser auf, fälle es abermals, und lasse es dann, bedeckt von Weingeist, einen Tag über stehen. Es scheidet sich dann die wasserhelle Auflösung des Silicats unten aus, darüber schwimmt eine kleine Lage kohlensauren Kalis und die oberste Schicht bildet Weingeist. Man kann das Silicat durch eine Pipette sehr rein wegnehmen. Auf die nämliche Weise analysirt, gab es die folgenden Bestandtheile:

25,923 Kieselerde enthalten 13,467 Sauerstoff $=4\times3,367$
30,360 Chlorkalium entspr. 3,256 Sauerstoff im Kali.

Die Zusammensetzung ist also $\dot{K}^3\dddot{S}^4$, und in Procenten

gefunden		berechnet	
55,23	Kieselerde	56,62	Kieselerde
44,77	Kali	43,38	Kali
100,00		100,00.	

Kieselerde wurde in einer kochenden Lauge von kohlensaurem Kali aufgelöst, filtrirt und zum Erkalten hingesetzt. Der gallertartige Niederschlag wurde auf dem Filtrum so lange ausgewaschen, bis das Waschwasser nicht mehr auf Lackmuspapier wirkte. Der Niederschlag wurde getrocknet, und da er nun mit Wasser eine äufserst schwache Reaction mit Lackmuspapier gab, von Neuem ausgewaschen.

24,664 Gran dieses lufttrocknen Pulvers wurden in einem Tiegel mit Salzsäure eingedampft und schwach geglüht, sie wogen nun 21,344. Sie wurden darauf mit Wasser ausgewaschen und so 19,265 Kieselerde erhalten; aus dem Salze wurden noch 0,285 Gran Kieselerde ausgeschieden, so dafs die

Kieselerde	19,550	
das Kali	1,136	aus 1,794 Chlorkalium
und das Wasser	3,978	betrug
	24,664	

Diefs entspricht der Formel $\dot{Ka}\dddot{Si}^{16} + \dot{H}^{16}$ und in Procenten

gefunden		berechnet
79,266	Kieserde	79,451
16,128	Wasser	15,476
4,606	Kali	5,073

Wir kennen demnach jetzt:

1) Das von H. Rose durch Zusammenschmelzen von Kieselerde mit kohlensaurem Kali gebildete Salz $\dot{Ka}^3 \dddot{Si}^2$.

2) Das durch Weingeist aus der einen Ueberschufs von Kali enthaltenden Lösung gefällte Salz $\dot{Ka}^3 \dddot{S}^4$.

3) Das von Fuchs entdeckte Wasserglas $\dot{Ka}^3 \dddot{Si}^8$.

4) Das durch Weingeist gefällte und durch Weingeist ausgewaschene Salz $\dot{Ka}^3 \dddot{Si}^{16}$.

5) Das aus dem vorigen durch Waschen ausgeschiedene Salz $\dot{Ka}\dddot{Si}^{12}$.

6) Das Salz, welches sich beim Erkalten einer concentrirten Auflösung von Kieselerde und kohlensaurem Kali ausscheidet $\dot{Ka}\dddot{Si}^{16}$.

Die Sauerstoffmengen der mit einer und der nämlichen Quantität Kali verbundenen Kieselerde ist also in diesen sechs Salzen wie 2 : 4 : 8 : 16 : 36 : 48.

Da Fuchs, wie bekannt, für das Natron-Wasserglas eine andere Formel angiebt als für das Kali-Wasserglas, so untersuchte ich dieses genau, indem, wenn die Formel für den Natron-Feldspath richtig ist, aus der Verwitterung desselben eine Porcellanerde ganz anderer Zusammensetzung hervorgehen mufs, nämlich $\dddot{Al} + 2\dddot{Si}$. Obgleich ich nun sehr viele Thonarten untersucht habe, so

Digitized by Google

ist doch ein solcher Thon mir niemals vorgekommen. Ich mufste daher einen von den folgenden Sätzen für richtig annehmen; es ist entweder die Formel für Natron-Wasserglas $\dot{Na} + 2\dddot{Si}$ unrichtig, oder der Natron-Feldspath ist unrichtig bestimmt, oder dieser Feldspath verwittert gar nicht.

1½ Theile Quarzpulver und 1 Theil kohlensaures wasserfreies Natron wurden in einem Platintiegel zusammengeschmolzen, nach dem Erkalten herausgenommen, gepulvert, mehrmals mit kaltem Wasser ausgewaschen und dann lange mit Wasser gekocht. Die Auflösung wurde mit so viel Spiritus versetzt, dafs die Mischung etwa 30 Proc. Alkohol enthielt, wodurch sich eine weifse Masse absetzte, die, nachdem der Spiritus abgegossen war, in Wasser aufgelöst und abermals durch Weingeist gefällt wurde. Die so gesammelte Masse war weifs, schmolz beim Trocknen schon bei einer Temperatur, die bei weitem nicht die des kochenden Wassers erreichte, und hinterliefs dann beim Austrocknen einen durchsichtigen Firnifs. Eine ungewogene Menge davon wurde in Wasser aufgelöst, mit Salmiak versetzt und zur Trockne verdampft. Die eingetrocknete Masse wurde wieder aufgelöst und die Kieselerde auf einem Filtrum ausgewaschen, die Lauge und das Waschwasser eingedampft und geglüht.

So wurden 30,697 Gran Kieselerde und 21,191 Chlornatrium gewonnen, und das letzte Salz hinterliefs beim Auflösen 0,542 Kieselerde, wodurch die wahre Menge Kieselerde 31,239 und die des Chlornatriums 20,649 = 11,003 Natron. Die Sauerstoffmenge in der Kieselerde ist also 16,229 und die in dem Natron 2,815. Die Sauerstoffmengen verhalten sich wie 1 : 5,77, das wahre Verhältnifs ist also wie 1 : 6.

Die Formel ist mithin $\dot{Na}\dddot{Si}^2$ und die Zusammensetzung:

	gefunden	berechnet.
Kieselerde	73,953	74,729
Natron	26,047	25,271.

Ich mufs noch bemerken, dafs ich bei einer Untersuchung des zu dieser Analyse gebrauchten Salmiaks eine äufserst geringe Spur von Natron fand, welche mich veranlafste bei den andern Analysen Salzsäure zu gebrauchen. Ich habe es indessen nicht für nothwendig gehalten diese Analyse zu wiederholen.

Es giebt noch ein anderes übersaures kieselsaures Natron, welches sich bildet, wenn man frisch ausgeschiedene Kieselerde mit starker kohlensaurer Natronlauge kocht, sie dann filtrirt und erkalten läfst; dann scheidet sich ein weifser Körper aus, welchen man, dem Ansehen nach, für reine Kieselerde halten möchte, der aber bei der Untersuchung einen Gehalt von Natron zeigt. Er wurde erst so lange mit heifsem destillirten Wasser ausgewaschen, bis ein Tropfen, auf einen Platinblech verdampft, nicht den geringsten Fleck hinterliefs; nun wurde er getrocknet dann eine ungewogene Menge davon mit Salzsäure eingekocht, darauf in Wasser aufgelöst, und die Kieselerde gesammelt, welche geglüht 10,119 Gran wog. Die Chlornatrium-Auflösung abgedampft und schwach geglüht, gab 0,634, welche 0,076 Kieselerde hinterliefs, so dafs die gesammte Menge der Kieselerde 10,195 und die des Chlornatriums 0,558 war, welches für Natron 0,297 und für dessen Sauerstoff 0,076 ausmacht; der Sauerstoff der Kieselerde beträgt 5,296, wovon $\frac{1}{72}$ ist 0,074. Die Formel für dieses Salz ist also $\dot{N}a + 24\dddot{Si}$ und die Bestandtheile:

	gefunden.	berechnet.
Kieselerde	97,257	97,170
Natron	2,743	2,830.

28,126 desselben Salzes, die in einem Platintiegel einige Tage unter der Luftpumpe neben Schwefelsäure

Digitized by Google

gestanden hatten, verloren nachher durch Glühen 1,030 Gran, diefs entspricht zwischen 4 und 5 Atomen Wasser auf ein Atom Natron. Die Zusammensetzung ist also wahrscheinlich $\dot{N}a\dddot{S}i^{24}+4\dot{H}^2$.

Ich habe, wie angeführt, keinen dem Albit entsprechenden Thon finden können, dagegen habe ich zwei Thonarten gefunden, die von dem Kaolin verschieden sind, nämlich eine aus der Kohlenformation von Cheshire, über die ich mir vorbehalte bei einer anderen Gelegenheit etwas mitzutheilen, und die *Porcellanerde von Passau*, welche, auf die früher angegebene Weise analysirt, die folgenden Bestandtheile ergab:

104,760	englische Gran			
17,245	Wasser	=15,329	Sauerstoff	=2×7,665
35,185	Thonerde	=16,433	-	=2×8,216
45,362	Kieselerde	=23,566	-	=3×7,855
2,721	kohlensaurer Kalk, Eisenoxyd, Mangan, Magnesia			
3,486	Rückstand			
103,990.				

Die Formel ist also $\dddot{A}l^2\dddot{S}i^3+\dot{H}^6$, und die wahre Zusammensetzung dieses Thons ist:

46,92	Kieselerde
34,81	Thonerde
18,27	Wasser.

Doppelt interessant wird diese Abweichung, da, nach Fuchs, die Passauer Erde nicht dem Orthoklas, sondern dem Porcellanspathe ihre Entstehung verdankt.

Da die Natur also die Thonarten wenigstens zum Theil durch Auslaugen von Feldspath oder dessen Mengungen bildet, so wurde es höchst wahrscheinlich, dafs das zweite Glied dieser Zersetzung, das Wasserglas, sich irgendwo in der Natur finden werde. Ich verschaffte mir Wasser des Geisers, welches, nach den davon bekannt

gewordenen Analysen den gröfsten Erfolg versprach. Hier das Detail und Resultat der Untersuchungen.

28 Unz. Geiserwasser, die in einer versiegelten Flasche hierher gebracht worden waren, zeigten beim Oeffnen einen schwachen Geruch nach Schwefelwasserstoff, und das Wasser war schwach unklar. Es wurde filtrtirt, und auf dem Filtrum blieb *Kieselerde*, die geglüht 0,548 engl. Gran wog. Das filtrirte Wasser wurde in einer Silberschale gekocht, mit Essigsäure neutralisirt, zur Trockne verdampft und wieder aufgelöst, wobei Kieselerde zurückblieb, die geglüht 4,773 wog.

Die Auflösung wurde mit Essigsäure übersättigt und durch essigsauren Baryt gefällt, wodurch 2,123 schwefelsaurer Baryt, =0,730 Schwefelsäure, erhalten wurden. Durch salpetersaures Silber wurde nun Chlorsilber gefällt, das gewogen 3,472 Chlorsilber und durch Verbrennen des Filtrums 1,555 metallisches Silber gab. Das Chlorsilber entspricht 0,857 Chlor, das metallische Silber 0,509 Chlor, zusammen 1,366 Chlor. Nachdem die Auflösung nun durch Schwefelsäure und Schwefelwasserstoff vom Baryt und Silber befreit war, wurde sie eingedampft und dann mit kohlensaurem Ammoniak 0,334 kohlensaurem Kalk =0,188 Kalk gefällt.

Nun wurde die Flüssigkeit zur Trockne verdampft und geglüht, dann wieder aufgelöst, wobei 0,185 Kieselerde zurückblieb, und dann die Flüssigkeit nochmals eingedampft, geglüht und mit kohlensaurem Ammoniak neutralisirt, wodurch 7,601 neutrales schwefelsaures Natron gewonnen wurde, das eine Spur von Magnesia enthielt.

So wurden erhalten:

0,730 Schwefelsäure:

$\begin{cases} 0{,}265 + 0{,}188 \text{ Kalk} = 0{,}453 \text{ Gyps} \\ 0{,}465 + 0{,}362 \text{ Natron (Magnesia)} = 0{,}827 \text{ schwefs. Natron (Magnesia)} \end{cases}$

1,366 Chlor
+Natrium in 1,206 Natron = 2,264 Kochsalz
1,767 Natron
5,506 Kieselerde.

1,767 Natron enthalten 0,451 Sauerstoff, und 5,506 Kieselerde 2,834 Sauerstoff. Sechs Mal 0,451 ist aber 2,706, es ist also aufser den anderen Salzen noch $\dot{Na}\dddot{Si}^2$ oder Natron-Wasserglas in der Auflösung, und im Grunde des Geisers findet noch immer eine Thonbildung statt, aber mit Natron- und Magnesia-Feldspath, der in den Trappgebirgen so häufig ist.

Ich habe auch das Wasser von *Laugarnefs* auf Island untersucht, und in diesem sehr viel schwächeren Wasser gleichfalls kieselsaures Natron gefunden; allein die so viel geringere Menge macht hier schon eine Berechnung unmöglich.

Wenn man Geiserwasser einkocht und den Rückstand mit Wasser auslaugt, so findet sich, wie zu erwarten, in der Auflösung keine Spur von Kalk oder Magnesia; aus dem Rückstande dagegen lassen diese Erden sich mit Salzsäure ausziehen. Da das Geiserwasser bei seinem Erkalten und Verdampfen Kieselsinter absetzt, so ist es höchst wahrscheinlich, dafs dieser den Kalk und die Magnesia des Wassers enthalte, zugleich aber ist man berechtigt zu glauben, wenn man die Bildung jener übersauren Kali- und Natronsalze bedenkt, dafs ein solches Salz sich wohl bilden könne. Wir haben eine frühere Analyse des Geisersinters von C. Kersten, welche die folgenden Bestandtheile gegeben hat:

Kieselerde	94,01
Thonerde	1,70

Wasser 4,10

Chlor und Eisenoxyd Spur.

Ich selbst habe einige Versuche mit Geisersinter angestellt, welche die folgenden Resultate gegeben. 57,045 engl. Gran Geisersinter verloren durch Glühen 4,498, die als Wasser in Rechnung gebracht wurden. Sie wurden mit Flufssäure eingedampft, und nachdem etwas Schwefelsäure zugesetzt war, bis zum schwachen Glühen erhitzt. Die rückständige Masse wurde mehrmals mit etwas Salzsäure eingedampft und wieder, wie früher, mit Schwefelsäure behandelt. Die zurückbleibende Masse wurde nun erst durch langes Kochen mit verdünnter Schwefelsäure aufgelöst, wobei einige Flocken zurückblieben. Die Auflösung gab einen starken Niederschlag mit kaustischem Ammoniak, der ausgewaschen und noch feucht in Salzsäure aufgelöst, und darauf mit Ueberschufs von kaustischem Kali behandelt wurde. Diese Auflösung gab durch passende Behandlung 1,754 Thonerde. Der von der Thonerde befreite Rückstand wurde in Salzsäure aufgelöst, durch Schwefelwasserstoff-Ammoniak gefällt, und aus dem Schwefelmetall durch wiederholtes Glühen an der freien Luft und mit kohlensaurem Ammoniak 1,092 Eisenoxyd erhalten. Diese Auflösung enthielt noch etwas Magnesia, und wurde eingedampft und das Salz zur Vertreibung der Ammoniakverbindungen geglüht. — Die obige, durch kaustisches Ammoniak von der Thonerde und Eisenoxyd befreite Auflösung gab durch Oxalsäure oxalsauren Kalk, der durch Erhitzen und Behandeln mit kohlensaurem Ammoniak 0,732 kohlensauren Kalk =0,402 Kalk gab. Die vom Kalk befreite Auflösung wurde eingedampft und die Ammoniaksalze durch Erhitzen weggetrieben. Bei der Wiederauflösung blieb etwas Magnesia unaufgelöst =0,044. Die Auflösung wurde durch essigsauren Baryt zersetzt, filtrirt, eingedampft, geglüht und das kohlensaure Alkali ausgezogen, welches mit Salzsäure versetzt, verdampft und schwach geglüht 0,833 gab, und

Digitized by Google

sich durch Chlorplatin gröfstentheils als Chlorkalium erwiefs, doch war auch Chlornatrium zugegen. Das zurückbleibende Gemenge von kohlensaurer Magnesia und kohlensaurem Baryt wurde in Salzsäure aufgelöst, durch Schwefelsäure gefällt, die Auflösung mit dem Magnesiasalze und dem Eisenoxyde gemischt, und nun durch kaustisches Kali gefällt, wobei 0,524 Magnesia erhalten wurden. Die Mutterlauge wurde mit etwas Salmiak und phosphorsaurem Natron versetzt und verdampft, wodurch sich noch 0,092 phosphorsaure Magnesia ausschieden, die zu 0,37 reiner Magnesia berechnet wurden. Die Bestandtheile sind also:

Wasser	4,498 =	Sauerstoff	3,998 = 9×0444	
Magnesia	0,605 =	-	0,234	
Kali (Natron)	0,527 =	-	0,089	0,436
Kalk	0,402 =	-	0,113	
Eisenoxyd	1,092			
Thonerde	1,754			
Kieselerde	48,167 =	-	25,023 = 6×4,171.	
	57,045.			

Es ist wahrscheinlich, dafs der Sauerstoffgehalt der starken Basen etwas zu niedrig angegeben ist, theils weil das Alkali ganz als Kali berechnet ist, aber auch Natron enthält, theils wegen der grofsen Schwierigkeit, den ganzen Gehalt an Magnesia zu gewinnen; dann verhalten die starken Basen sich zum Wasser und zur Säure wie 1 : 8 : 48, und entsprechen dem Salze, welches sich durch Erkalten einer Auflösung von Kieselsäure in kohlensaurem Kali ausscheidet; es ist im Geisensinter aber nur die Hälfte Wasser. Die bedeutende Abweichung meiner Analyse von der von Kersten in Bezug auf den Wasser- und Thonerde-Gehalt, rührt sicher nicht von Fehlern her, da der Geiser zu verschiedenen Zeiten verschiedene Sinterarten absetzt, wenn ich gleich glaube, dafs Kersten Magnesia, Alkali und Kalk übersehen hat.

Untersuchung der Opale.

51,109 englische Gran Cacholong von den Färöern verloren durch Glühen 1,673 Wasser. Der Rückstand wurde mit Flufssäure erwärmt, dann mit einigen Tropfen Schwefelsäure eingedampft, und darauf das trockne schwefelsaure Salz in Wasser aufgelöst, wobei 2,860 wasserfreier Opal ungelöst zurückblieb. Ammoniak fällte 0,099 magnesia- und manganhaltige Thonerde. Oxalsäure fällte nun Kalk, der nach dem Erhitzen 0,053 kohlensauren Kalk ausmachte. Durch Zersetzung mit essigsaurem Baryt u. s. w. wurden 0,111 kohlensaures Alkali erhalten, das mit Chlorplatin sowohl Kali als Natron zeigte, und ferner 0,386 Magnesia erhalten. Der Cacholong enthält also:

1,673	Wasser.		
	Der Sauerstoff von 1,618 Wasser		=1,432=8×0,179
0,032	Natron	=0,008	0,171
0,037	Kali	=0,006	
0,386	Magnesia	=0,149	
30	Kalk	=0,008	
0,099	unreine Thonerde		
45,992	Kieselerde		23,892=16×1,480
2,860	unzersetzten Opal.		

Wenn der Sauerstoff der starken Basen 1 ist, so ist der Sauerstoff des Wassers 8 und der der Kieselerde 128.

Feueropal von den Färöern.

23,465 englische Gran verloren durch Glühen 1,870, 31,991 engl. Gran desselben ungeglühten Minerals wurden mit Flufssäure und Schwefelsäure behandelt. Aus der Auflösung des zurückbleibenden Salzes wurden durch Ammoniak 0,451 Gran ausgeschieden, die durch kaustisches Kali in 0,318 Thonerde und 0,133 eisenhaltige Magnesia geschieden wurden. Durch Oxalsäure wurde oxalsaurer Kalk getrennt, der durch Erhitzen 0,278 Gran kohlen-

Digitized by Google

sauren Kalk gab =0,156 Kalk; durch essigsauren Baryt wurde auf die bekannte Weise 0,165 kohlensaures Kali und Natron, und 0,340 Magnesia erhalten.

7,969 Wasser	=	Sauerstoff 7,083		$= 9 \times 0,787$
0,338 Kali-Natron	$=\begin{matrix}29\\34\end{matrix}\}$	0,072	}	
1,479 Magnesia	=	0,572	} = 0,782	
0,491 Kalk	=	0,138	}	
0,994 Thonerde				
88,729 Kieselerde			=46,095	$= 64 \times 0,720$
100,000.				

In dem Opal von Eibenstock fand ich gleichfalls die Hauptbase Magnesia, und neben derselben Kalk und ein Alkali. Dagegen enthielt ein Opal von Cosemütz weder Kalk noch Kali oder Natron, sondern nur Magnesia, und ein brauner Holzopal von Telkobanya, aus welchem 6,358 Wasser abgeschieden wurden, enthielt weder Kalk noch Kali oder Natron, und eine so geringe Spur von Magnesia, dafs sie nicht in Betracht kam.

Diese Untersuchungen scheinen daher zu dem Resultat zu führen, dafs wir eine verschiedene Zusammensetzung für die Opale annehmen müssen, nämlich die in der Trappformation vorkommenden, wie die von Faröe, welche Hydrate von übersauren kieselsauren Salzen von Magnesia, Kalk, Kali und Natron sind, während diejenigen, die in der Trachytformation mit Alaunstein vorkommen, wie die ungarischen, reine Hydrate der Kieselerde sind.

Die Bildung der ersten ist analog mit der Ausscheidung von Kieselerde aus den auflöslichen kieselsauren Alkalien, und in der Natur mit der Bildung des Kieselsinters. Die Bildung der zweiten ist analog mit der Zersetzung kieselsaurer Alkalien durch eine Säure, sie ist bedingt durch die Entwicklung der Schwefelsäure im Trachyt und die darauf gegründete gleichzeitige Bildung von Alaun-

Digitized by Google

Alaunstein. Beide rühren von der Zersetzung des Feldspaths her, nur die einwirkenden Stoffe sind verschieden; in dem einen Falle ist es Wasser von hoher Temperatur, in dem andern Falle Schwefelsäure. Der Umstand, dafs in allen Opalen, welche Basen enthalten, Magnesia vorkommt, rührt wahrscheinlich von der grofsen Anziehung der Magnesia zur Kieselerde her, und entfernt jede Vermuthung, dafs das Kali oder Natron von eingemengtem Zeolith herrühre, der eine gleichzeitige Bildung ist, denn bis jetzt hat man merkwürdiger Weise noch nie einen Zeolith gefunden, der Magnesia enthielte. Wenn es der Mühe werth wäre, bei einem Mineral, welches so geringes ocyktognostisches Interesse einflöfst, noch Unterabtheilungen zu machen, so würde der Opal deren drei bekommen, nämlich *Cacholong:* ausgezeichnet durch gröfsere Härte und geringeren Wassergehalt; der Opal der Trappgebirge (wenigstens der Faröer) ein übersaures Salz; und der ungarische Opal, das Kieselsäurehydrat, von dem ich nicht zu bestimmen wage, ob es $\dddot{Si}^3 + \dot{H}$ oder $\dddot{Si}^8 + \dot{H}^3$ ist; der Kieselsinter gehört auf jeden Fall zum Opal.

Es bleibt also nur noch übrig, durch directe Versuche auszumachen, dafs der Feldspath wirklich durch Wasser von hoher Temperatur zersetzt wird, und seine Bestandtheile sich dann auf die früher angegebene Weise scheiden. Mein Apparat für diese Untersuchung war sehr einfach.

Fig. 13 Taf. II *bd* ist ein kupferner sehr starker Cylinder, der mit Messing gelöthet ist, 10½ Zoll lang und 2½ Zoll im Durchmesser; bei einer Dicke des Metalls von ½ Zoll, und eine Schraube bei *d* hat, *c* ist eine eben so starke eingelöthete, bei *a* verschlossene Röhre, die mit leicht schmelzbarem Metall gefüllt ist, und worin ein bis zum Kochpunkte des Quecksilbers eingetheiltes Thermometer hineingesteckt werden kann. Der Cylinder war mit Borax gelöthet, und wurde vor dem Gebrauch häufig

und unter hohem Drucke ausgekocht, um jede Spur von Borax zu entfernen. Das Thermometer war mit einem Index für steigende Temperaturen versehen. Die Art, wie die Versuche angestellt wurden, war sehr einfach. Es wurden einige Unzen sehr fein pulverisirten Feldspaths in den Cylinder gethan, derselbe darauf mit Wasser bis auf $\frac{2}{3}$ gefüllt und nun über einen Kohlenbecken erwärmt. Nachdem ich mich früher durch Kochen unter gewöhnlichem Druck überzeugt hatte, dafs bei 100° C. keine merkliche Zersetzung des Feldspaths durch Wasser stattfindet, erwärmte ich das Wasser mit Feldspath im Apparat bis 125° C. das abgegossene Wasser zeigte eine sehr schwache und undeutliche Reaction auf ein Alkali, die indessen etwas deutlicher wurde, nachdem ein wenig Salmiak hinzugefügt worden war. Es hat nämlich das übersaure kieselsaure Kali $\dot{K}a^3 \dddot{Si}^6$, noch schwach alkalische Reactionen, die indessen viel stärker werden, wenn man etwas Salmiak hinzusetzt, und so das Alkali ganz frei macht, da Ammoniak mit der Kieselerde keine solche Verbindung eingeht. Das Feldspathpulver schien auf eine eigenthümliche Weise vom Wasser angegriffen zu seyn, die Flüssigkeit konnte mehrere Tage stehen ohne klar zu werden, ein Tropfen Salmiakauflösung klärte sie aber augenblicklich, indem sich das aufgerührte Feldspathpulver senkte, wahrscheinlich durch Niederschlagen einer äufserst geringen Menge Kieselerde. Bei 150° C. war die Wirkung des mit Feldspath gekochten Wassers so deutlich, dafs sie gleich hervortrat, wenn man Lackmuspapier hineintauchte. Diese Wirkung nahm mit der steigenden Temperatur zu, und bei 222° C., welche einem Drucke von 23 Atmosphären entsprechen, war die auflösende Kraft des Wassers so grofs, dafs ich aus der alkalischen Lauge durch Eindampfen mit Salzsäure und Versetzen mit Chlorplatin, Chlorplatinkalium ausscheiden konnte, und mich so völlig überzeugte, dafs die alkalische Reaction nicht von etwas Borax herrühren konnte,

welcher möglicherweise noch in den zusammengelötheten Fugen des Apparats sich finden konnte.

Ich glaube, dafs diese Versuche es über allen Zweifel erheben, dafs es wenigstens zum Theil Wasserdämpfe unter hohem Drucke sind, die den Pegmatit in Kaolin verwandelt haben, und es stimmt wohl mit diesen Erfahrungen, dafs es die Ränder der Gebirge sind, die vorzüglich Kaolinlager zeigen.

Ich habe in den früher angeführten Abhandlungen zu beweisen gestrebt, dafs der gewöhnliche gelbe Thon, der in ganz Dänemark so ungemein häufig ist, nichts als Granit ist, dessen Feldspath in Kaolin verwandelt, dessen Glimmer ungestört geblieben ist, und dessen Quarz den Sand des Thons bildet, dessen Magneteisenstein und Titaneisen aber als Eisen und Titanoxyd sich im Thone finden, ja, dafs dieser Thon durch einen äufserst geringen Gehalt von Cerium seinen Ursprung aus skandinavischem Feldspath, der denselben Ceriumgehalt zeigt, beurkundet.

Ich habe ferner bewiesen, dafs auch der blaue Thon Kaolin ist, dafs ihm aber der Glimmer fehlt, und dafs derselbe wahrscheinlich aus Syeniten und Grünsteinen entstanden ist. Die Beweise für diese Behauptungen werde ich bald ausführlicher geben können als sie in den Schriften der Gesellschaft der Wissenschaften zu Kopenhagen enthalten sind; hier möge es mir nur erlaubt seyn auf einige Folgerungen dieser Untersuchungen hinzuweisen. Der Glimmer, der *nicht* zersetzt ist, findet sich im Thone keinesweges als Glimmerblättchen, sondern als ein mechanisch, durchaus nicht zu scheidendes Pulver. Dieser Zustand kann also nicht von einer chemischen Einwirkung herrühren, er mufs mechanisch zuwegegebracht seyn. In diesem so zersetzten und zermalmten Granit, dem Lehm, finden sich aber Granitstücke von höchst verschiedener Gröfse, die also der mechanischen Einwirkung entgangen seyn müssen, und ich denke mir die Ursache dieses Phä-

nomens folgendermaſsen. Als Skandinaviens Gebirgsmassen gehoben wurden, wurde ein Theil des Gebirges an den Rändern zermalmt, ein anderer nur zerstückelt, der zermalmte Theil wurde durch die Wirkung der zu hoch gespannten Dämpfe chemisch verändert und der Feldspath in Kaolin verwandelt. Es kann bewiesen werden, daſs selbst die höchsten Theile unseres Landes in der jetzigen Periode unter Wasser gestanden haben, obgleich die Hebung des Landes, die wohl noch stattfinden mag, erweislich nicht einmal über 10 Fuſs im letzten Jahrtausend betragen hat, aber auf dem höchsten Rücken der Halbinsel, die Holstein, Schleswig und Jütland begreift, finden sich Austerbänke mit den calcinirten Schalen der Bewohner der jetzigen Nordsee. Das Product jener Revolution füllte das Thal zum Theil aus, und unsere mächtigen und weit verbreiteten Thonlager sind die Moja jenes ungeheuren Ausbruches, welcher Skandinavien aus dem Meere hob. Ich hätte gerne die Moja der Vulcane von Quito mit unserem Thone analytisch verglichen, allein es stand mir leider keine Probe davon zu Gebot [1]).

1) Einen Theil der in diesem Aufsatze behandelten Gegenstände findet man auch in der ersten Abtheilung des zweiten Theils von Prof. Mitscherlich's Lehrbuche der Chemie, S. 140 und 196, berührt, was ich hier nur beiläufig bemerken will, da man sich von einigen Abweichungen in den Ansichten und Resultaten am Besten durch eigenen Vergleich überzeugen wird. *P.*

IX. *Ueber den Kupfer-Antimonglanz, eine neue Mineralgattung. Aus einem Schreiben an den Prof. H. Rose in Berlin vom Oberbergrathe Zincken zu Mägdesprung.*

—— Auf der Ihnen bekannten Antimongrube bei Wolfsberg, welche schon durch das Vorkommen ausgezeichneten Antimonglanzes, des Bournonits, Zinkenits und Rosenits (Plagionits, Ihres Herrn Bruders Gustav) bekannt geworden sind, fand sich vor einigen Monaten auf dem Erzbau über der ersten Strecke im Gange ein Quarztrum mit Antimonglanz, welches sich, wie gewöhnlich, bald auskeilte. An dem Endpunkte des Trummes, nachdem es eine Strecke lang lauter Quarz gewesen, fand sich etwa 10″ lang ein Nest von einem Erze, dessen Beschreibung ich folgen lasse, und wovon ich Ihnen zur Analyse beifüge. Leider ist bis jetzt das Erz nicht weiter aufzufinden gewesen, indessen zweifle ich nicht, dafs es wieder vorkommen wird.

Der Gang der Antimongrube besteht aus grofsen Bruchstücken von Grauwacke, welche durch Quarz verbunden sind, dieser Quarz bildet daher ein Gewebe von Trümmern, welche das Antimon enthalten, aber nur kurze Strecken fortsetzen. In diesen Quarztrümmern finden sich die verschiedenen Antimonerze in solcher Anordnung, dafs man die bleiischen, Bournonit, Zinkenit, Rosenit und Federerz, für die neuesten Bildungen halten mufs.

Das neue Erz verhält sich folgendergestalt:

Es ist in drusigem Quarz, ähnlich wie der Antimonglanz, eingewachsen, der Quarz hat dasselbe zusammengekittet, und ist durchaus krystallinisch, ähnlich wie er an anderen Stellen der Grube in stalactitenförmigen Zakken vorkommt.

Digitized by Google

Die ganze Masse, worin das Erz sich befindet, ist ein Conglomerat von Quarzfragmenten; im Nebengestein befindet sich viel Schwefelkies, in kleinen Drusen, Federerz.

Das Erz erscheint in schilfförmigen, sehr flachen Säulen, welche Zusammenwachsungen sehr flacher, tafelartiger, rhombischer Säulen zu seyn scheinen, deren stumpfe Seitenkanten stark abgestumpft sind, und die wie Blätter sich gestalten. Diese Abstumpfungsflächen sind die am stärksten glänzenden, und ihnen parallel ist der ausgezeichnet blättrige Bruch. Ihr Querschnitt bildet häufig eine ganz flache Linse. Da die Krystalle vielfach gebrochen und verdreht vorgekommen sind, so hat sich für jetzt keine Winkelmessung damit vornehmen lassen. Die Aehnlichkeit der Krystallform mit der des Antimonglanzes ist unverkennbar. Bruch: Nach der längeren Axe des Querdurchschnittes dieser Säulen ungemein vollkommen blättrig, die Spaltungsflächen sind stark glänzend und spiegelnd. Nach allen übrigen Richtungen ist der Bruch uneben in's Muschliche und Ebene. Glanz: ist metallisch stark glänzend. Farbe: Bleigrau in's Eisenschwarze, theils wie andere Erze pfauenschweifig angelaufen, welches von Oxydation durch Grubenwasser herzurühren scheint. Das Pulver matt und schwarz. Härte: zwischen Kalk und Flufsspath, also 3,5. Spec. Gewicht: 4,748. Es konnte das Fossil nicht ganz von dem angewachsenen Quarz geschieden werden, deshalb ist das spec. Gewicht etwas geringer als es sonst seyn müfste, jedoch kann die Differenz nicht bedeutend seyn, da nur sehr wenig Quarz anklebte.

Nach vorstehendem Charakter sollte man kaum anstehen, das Erz dem Antimonglanze beizugesellen, dessen specifisches Gewicht es auch zu haben oder wenig zu übertreffen scheint, und wovon es nur specifisch durch die bedeutendere Härte unterschieden wird, wenn nicht etwa bei genauerer Untersuchung deutlicher Exemplare

Digitized by Google

auch die Krystallform eine wesentliche Verschiedenheit begründet. Ich werde noch nachträglich diesen Gegenstand näher zu bestimmen suchen.

Aber ganz verschieden ist das Verhalten vor dem Löthrohre. Das Erz decrepitirt schnell in kleine Blättchen und ist in der freien Lichtflamme leicht schmelzbar. Auf Kohle entwickelt es nur weifsen Antimonrauch, womit dieselbe beschlagen wird. Es läfst sich nicht wie der Antimonglanz fortblasen, sondern hinterläfst ein bedeutend grofses hartes Metallkorn.

Dieses mit Soda geschmolzen, giebt ein anderes noch sehr sprödes Metallkorn, welches von grauer, in's Röthliche fallender Farbe ist. Bläst man länger auf dieses Korn, so entwickelt sich fortwährend Antimonrauch und das Korn wird in ein schönes sehr geschmeidiges Kupferkorn verwandelt.

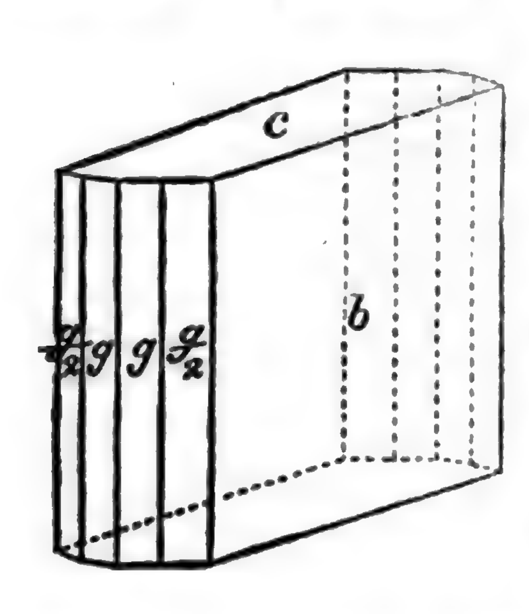
Mit Flüssen zeigt sich die Reaction auf Kupfer. Bei der Reductionsprobe mit Soda ergiebt sich Kupfer und ein graues, sprödes Metall, welches dem Magnete nicht folgt, sondern sich als eine Legirung von Kupfer und Antimonmetall zu erkennen giebt.

Noch habe ich keine quantitative Kupferprobe vor dem Löthrohre machen können, ich schätze aber den Gehalt auf zwanzig und einige Procent. Die kleinen Kupferkönige in Salpetersäure völlig aufgelöst, geben mit Salmiak keinen Niederschlag, Silber ist also nicht in dem Erze enthalten. Ich nenne das Erz *Kupfer-Antimonglanz.*

Neulich hat sich auch Weifsantimonerz auf einer vom Gange absetzenden, flach in's Liegende fallenden Kluft auf der Antimongrube bei Wolfsberg gefunden. Es weicht nicht von dem an anderen Orten vorgekommenen ab. Es fand sich etwa zwei Lachter hoch über dem Stolln neben der 15ten Firste und ist also ungefähr sechszehn Lachter unter Tage vorgekommen.

Digitized by Google

Zusatz. Auf den Stücken, die Hr. Oberbergrath Zinken meinem Bruder und mir schickte, befanden sich einige Krystalle, an denen es möglich war einige Bestimmungen über die Form und die Winkel zu machen, die ich hier, zur Vervollständigung der vorhergehenden Mittheilung, folgen lasse.



Die Krystalle sind geschobene vierseitige Prismen *g*, die an den scharfen Seitenkanten sehr stark durch die Flächen *b* gerade abgestumpft sind, wodurch die Krystalle ein tafelförmiges Ansehen erhalten. Zuweilen finden sich auch die Combinationskanten zwischen *g* und *b* durch die Flächen $\frac{g}{2}$ abgestumpft, die einem geschobenen 4seitigen Prisma angehören, dessen längere Diagonale nur halb so lang, als die des Prismas *g* ist.

An den Enden waren die Krystalle, die ich beobachten konnte, verbrochen, sie fanden sich jedoch nach einer geraden Endfläche *c* spaltbar, wodurch sich ergab, dafs die Krystalle zum 1- und 1-axigen Krystallisationssystem gehören. Die Neigung

von	$g:g$	beträgt	135°	12'
-	$\frac{g}{2}:\frac{g}{2}$	-	111	—
-	$g:b$	-	112	24
-	$\frac{g}{2}:b$	-	129	30
-	$c:b$	-	90.	

Die Flächen der Krystalle sind stark glänzend und ziemlich glatt, so dafs die angegebenen Winkel auch als ziemlich genau angesehen werden können; die Abstumpfungsfläche *b* ist stark gestreift parallel den Combinationskanten mit den Prismen.

Digitized by Google

Die Krystalle sind sehr vollkommen spaltbar nach den Flächen *b*, die Spaltungsflächen nach den Flächen *c* sind viel unvollkommner, gaben aber doch noch bei der Messung mit dem Reflexionsgoniometer Bilder, die freilich nicht sehr deutlich waren.

Die Krystalle liegen mit den breiten Flächen auf einander, und sind, in Begleitung mit Federerz und Kupferkies, auf drusigem Quarz auf- und eingewachsen. Von dem Kupferkies sind sie öfter mit einem leisen Anflug bedeckt.

Gustav Rose.

X. *Ueber die chemische Zusammensetzung des Kupferantimonglanzes; von Heinrich Rose.*

Der vom Hrn. Zinken entdeckte und beschriebene Kupferantimonglanz ist zwar sehr deutlich krystallisirt, indessen doch mit einem dünnen Anfluge von Kupferkies bedeckt, und mit Quarz so innig gemengt, dafs es von diesem nicht auf mechanische Weise getrennt werden konnte. Drei verschiedene Untersuchungen gaben daher einen Gehalt von 3,57, 266 und von 5,79 Proc. Kieselerde. Nach Abzug derselben war das Resultat der Analyse folgendes:

Schwefel	26,34
Antimon	46,81
Eisen	1,39
Kupfer	24,46
Blei	0,56
	99,56.

Das Eisen ist wahrscheinlich mit Kupfer und Schwefel als Kupferkies mit dem Minerale innig gemengt, so

wie man das Blei als Schwefelblei mit Schwefelantimon zu Federerz verbunden darin annehmen kann. 1,39 Th. Eisen erfordern 1,65 Th. Schwefel und 1,62 Th. Kupfer, um Kupferkies zu bilden, und 0,56 Th. Blei verbinden sich mit 0,08 Th. Schwefel zu Schwefelblei, und diese mit 0,48 Th. Schwefelantimon zu Federerz. In der eigentlichen Verbindung sind daher 46,46 Th. Antimon mit 22,84 Th. Kupfer vereinigt; erstere erfordern 17,36 Th., letztere 5,81 Th. Schwefel, um sich in Schwefelmetalle zu verwandeln; der Schwefelgehalt im Schwefelantimon ist daher drei Mal so grofs wie der im Schwefelkupfer, und die Formel für die Zusammensetzung des Minerals ist daher $\overset{\prime}{Cu} + \overset{\prime\prime\prime}{Sb}$, also analog der des Zinkenits und des Miargyrits, welche man wegen dieser Analogie mit dem Kupferantimonglanz auch Blei- und Silberantimonglanz nennen könnte.

Unter den vielen antimonhaltigen Mineralien, welche ich bisher untersucht habe, ist keins so rein und so frei von allen fremdartigen Beimengungen als der Plagionit, ungeachtet dieser gerade eine etwas anomale Zusammensetzung hat. In fast allen übrigen Verbindungen des Antimons, welche in der Natur vorkommen, fand ich kleine Beimengungen fremdartiger Körper, welche im Plagionit ganz fehlen. Diefs, so wie die ausgezeichnete Krystallform und die Thatsache, dafs die Analysen von zwei ganz verschiedenen Stufen mir übereinstimmende Resultate gegeben haben, widerlegen die Meinung, dafs dieses reine Mineral eine Mengung sey, wie man vielleicht aus der Zusammensetzung schliefsen könnte, welche übrigens, wie ich diefs schon früher gezeigt habe [1]), in einem nahen Zusammenhange mit der des Zinkenits und Miargyrits, des Federerzes und der Fahlerze steht, und durch diesen Umstand seine Unwahrscheinlichkeit verliert.

1) Poggendorff's Annalen, Bd. XXVIII S. 437.

XI. *Ueber die Zurückführung der hexagonalen Gestalten auf drei rechtwinklige Axen;* *von C. Naumann.*

Wenn sich alle dynamischen Eigenschaften der krystallisirten Substanzen in der That auf drei rechtwinklige Axen beziehen lassen, und wenn in solcher Beziehung ein wirkliches Naturgesetz und nicht bloſs eine mathematische Hypothese erhalten seyn soll, so werden gewiſs auch die geometrischen Eigenschaften, vermöge des zwischen ihnen und den dynamischen Eigenschaften bestehenden Causal-Nexus, dieselbe naturgemäſse und ungezwungene Beziehung auf jene drei rechtwinkligen Axen gestatten. Naturgemäſs und ungezwungen kann aber diese Beziehung wohl nur dann genannt werden, wenn sie mit den Symmetriegesetzen der Gestaltung im Einklange steht, d. h. wenn die rechtwinkligen dynamischen Axen eine symmetrische Lage zu den Begränzungs-Elementen der Formen besitzen, weil auſserdem ein Widerspruch zwischen Form und Wesen hervortreten würde, zu dessen Anerkennung man sich schwerlich geneigt fühlen möchte, selbst wenn er durch eine künstliche Interpretation der Formen scheinbar zu lösen seyn sollte.

Die krystallisirten Körper, welche in dieser Hinsicht zunächst einer Prüfung unterworfen zu werden verdienen, sind die hexagonalen, in deren morphologischen Verhältnissen nicht nur ein *vier*zähliges, sondern auch ein *schief*winkliges Axensystem so unabweislich ausgesprochen ist, daſs sich alle Krystallographen unbedenklich zur Annahme eines solchen Axensystems entschlossen haben, wie sehr auch manche derselben auſserdem die schiefwinkligen Axen zu perhorresciren pflegen. Käme es bei der krystallographischen Auffassung und Bestimmung der

Digitized by Google

Formen lediglich auf mathematische Einfachheit an, so würden freilich *vier* Axen, von denen sich drei unter 60° schneiden, eine sehr unpassende Grundlage bilden; aber der Krystallograph soll nicht nur Mathematiker, sondern auch Naturforscher seyn, für ihn haben daher die, in den Krystallformen hervortretenden Symmetrie-Verhältnisse eine gewichtige Bedeutung, und er opfert willig die Einfachheit des Calcüls auf, um die Uebereinstimmung seiner mathematischen Interpretation mit jenen Symmetrie-Verhältnissen zu erhalten. Und wenn er sich auch erlaubt für gewisse Probleme den Mechanismus der Rechnung durch ein subsidiarisch eingeführtes dreizähliges und rechtwinkliges Axensystem zu vereinfachen, so läfst er doch die Endresultate dieser Rechnung immer wieder in derjenigen Form hervortreten, welche dem, von der Natur zunächst gebotenen, vierzähligen und schiefwinkligen Axensysteme angemessen ist.

Ich sage, dem von der Natur *zunächst* gebotenen; denn allerdings giebt es wenigstens zwei rechtwinklige Axensysteme, deren Elemente eine symmetrische Lage zu den hexagonalen Krystallformen besitzen; so wie man ja auch die tesseralen Formen auf ein hexagonales Axensystem beziehen kann. Aber freilich würden die morphologischen Verhältnisse der hexagonalen Gestalten bei solchen rechtwinkligen Axen gewissermafsen in denen des Tesseralsystems aufgehen, und alle hexagonale Formen nur als einseitig und partiell ausgebildete tesserale Gestalten zu deuten seyn.

Stellt man sich das Hexaëder als ein Rhomboëder aufrecht, so bilden bekanntlich seine drei horizontal liegenden rhombischen Zwischenaxen die *Nebenaxen*, und seine vertical stehende trigonale Zwischenaxe die *Hauptaxe* eines hexagonalen Axensystems. Seine drei Hauptaxen dagegen werden diejenigen Linien seyn, welche das *eine* der vorerwähnten rechtwinkligen Axensysteme, und zwar dasjenige constituiren, dem zunächst eine Berück-

sichtigung werden soll, weil es auch in krystallographischer Hinsicht die einfachste Zurückführung aller hexagonalen Gestalten auf partiell ausgebildete tesserale Gestalten gestattet.

Die Coordinaten u, x, y eines schiefwinkligen Axensystemes, und die Coordinaten X, Y, Z eines rechtwinkligen Axensystemes sind bekanntlich durch folgende allgemeine Gleichungen mit einander verbunden:

$$X = u\cos(Xu) + x\cos(Xx) + y\cos(Xy)$$
$$Y = u\cos(Yu) + x\cos(Yx) + y\cos(Xy)$$
$$Z = u\cos(Zu) + x\cos(Zx) + y\cos(Zy)$$

wo (Xu), (Xx) u. s. w. die Neigungswinkel der Axe der X zu den Axen der u, x u. s. w. bedeuten.

Um diese Gleichung auf das Hexagonalsystem behufs seiner Reduction auf das Tesseralsystem, anzuwenden verfährt man wie folgt:

Es seyen die vier Axen des hexagonalen Systems dergestalt bezeichnet, dafs die Hauptaxe als Axe der u auftritt und ihre positive Hälfte nach *oben* gerichtet hat, während die drei Nebenaxen der x, y und z ihre positiven und negativen Hälften abwechselnd liegen haben. In den drei diagonalen Hauptschnitten nehme man nun drei Linien, welche gegen die Hauptaxe unter dem Winkel, dessen Cosinus $= \sqrt{\frac{1}{3}}$, geneigt sind, und folglich mit einander die Axen des Tesseralsystemes darstellen. Man bezeichne sie so, dafs über den Sextanten der xy die Axe der Z, über den Sextanten der yz die Axe der X, und über den Sextanten der zx die Axe der Y zu liegen kommt, und betrachte ihre nach *oben* gerichteten Hälften als die *positiven* Halbaxen.

Beide Axensysteme haben offenbar eine vollkommen symmetrische Lage zu einander, welche bei der angegebenen Bezeichnung der Axen sehr bestimmt hervortritt, und keine andere als diejenige ist, welche vorhin am Hexaëder betrachtet wurde. Da man nun gleichzeitig nur mit drei Axen rechnen kann, so berücksichtige man zu-

Digitized by Google

vörderst die Axen der u, x und y, und bestimme demnach die Cosinus der Neigungswinkel (Xu), (Xx) u. s. w., indem man dabei zunächst auf die *positiven* Halbaxen reflectirt [1]). Man findet:

$$cos(Xu)=\sqrt{\tfrac{1}{3}}, \; cos(Xx)=0 \quad, cos(Xy)=\sqrt{\tfrac{1}{2}}$$
$$cos(Yu)=\sqrt{\tfrac{1}{3}}, \; cos(Yx)=-\sqrt{\tfrac{1}{2}}, \; cos(Yy)=0$$
$$cos(Zu)=\sqrt{\tfrac{1}{3}}, \; cos(Zx)=\sqrt{\tfrac{1}{2}}, \; cos(Zy)=-\sqrt{\tfrac{1}{2}}$$

und erhält daher für die Coordinaten X, Y und Z folgende Werthe als Functionen der Coordinaten u, x und y:

$$X=u\sqrt{\tfrac{1}{3}}+y\sqrt{\tfrac{1}{2}}$$
$$Y=u\sqrt{\tfrac{1}{3}}-x\sqrt{\tfrac{1}{2}}$$
$$Z=u\sqrt{\tfrac{1}{3}}+x\sqrt{\tfrac{1}{2}}-y\sqrt{\tfrac{1}{2}}.$$

Aus diesen Gleichungen folgen rückwärts die Werthe von u, x und y als Functionen von X, Y und Z; nämlich:

$$u=\frac{X+Y+Z}{\sqrt{3}}$$
$$x=\frac{(X-2Y+Z)\sqrt{2}}{3}$$
$$y=\frac{(2X-Y-Z)\sqrt{2}}{3}.$$

Diese Werthe sind also die Substituenden der Coordinaten u, x und y in irgend einer für das Hexagonalsystem gegebenen Gleichung, um solche auf das tesserale Axensystem zu reduciren, und, weil man jede Gleichung, in welcher statt einer der Coordinaten x oder y die Coordinate z erscheint, sehr leicht in eine von z, unabhängige Gleichung verwandeln kann, so wäre die Grundlage aller Transformationen in vorstehenden drei Werthen gefunden.

Es sey nun im Sextanten der $+x$ und $-y$ irgend eine Fläche durch die Gleichung:

$$\frac{u}{m}+\frac{x}{r}-\frac{y}{s}=1$$

1) In den folgenden Rechnungen ist angenommen, daſs die positive Halbaxe Z über den Sextanten der $+x$ und $-y$ fällt etc.

Digitized by Google

gegeben, und auszumitteln, welche Parameter dieselbe Fläche in dem Axensysteme der X, Y und Z bestimmen, so erhält man durch Substitution obiger Werthe von u, x und y:

in der Axe X den Parameter $\frac{3mrs}{rs\sqrt{3}+m(s-2r)\sqrt{2}}$

- - - Y - - $\frac{3mrs}{rs\sqrt{3}+m(r-2s)\sqrt{2}}$

- - - Z - - $\frac{3mrs}{rs\sqrt{3}+m(s+r)\sqrt{2}}$

Dieses auf unsere krystallographische Bezeichnung angewendet, giebt für die dihexagonale Pyramide mPn, an welcher in dem tesseralen Axensysteme der Lage nach zweierlei Flächensysteme zu unterscheiden sind, Folgendes. Für eine der, in dem Sextanten der x und $-y$ gelegenen und dem *einen* Flächensysteme angehörigen Flächen F ist die, aus dem krystallographischen Zeichen mPn unmittelbar folgende Gleichung;

$$\frac{u}{ma}+\frac{x}{n}-y=1.$$

Für ihre, in dem Sextanten der $-y$ und z gelegene und dem *anderen* Flächensysteme angehörige Nebenfläche F' aber wird dieselbe Gleichung:

$$\frac{u}{ma}-y+\frac{z}{n}=1,$$

statt welcher jedoch die von z unabhängige und dafür auf die Axe der x bezügliche Gleichung:

$$\frac{u}{ma}+\frac{(n-1)x}{n}-y=1$$

anzuwenden ist.

Man setze also in den vorher gefundenen Parameter-Werthen

erst für F, statt m die Gröfse ma

- r - - n

- s - - 1

dann für F', statt m die Gröfse ma

- r - - $\frac{n}{n-1}$

- s - - 1

so erhält man, nach Unterdrückung des gemeinschaftlichen Zählers $3mrs$, für F:

in X, den Parameter $\frac{1}{n\sqrt{\frac{3}{2}-ma(2n-1)}}$

- Y, - - $\frac{1}{n\sqrt{\frac{3}{2}-ma(2-n)}}$

- Z, - - $\frac{1}{n\sqrt{\frac{3}{2}+ma(n+1)}}$

und für F':

in X, den Parameter $\frac{1}{n\sqrt{\frac{3}{2}-ma(n+1)}}$

- Y, - - $\frac{1}{n\sqrt{\frac{3}{2}+ma(2-n)}}$

- Z, - - $\frac{1}{n\sqrt{\frac{3}{2}+ma(2n-1)}}$

Die ersteren drei Werthe gelten für die Skalenoëder $\frac{mPn}{2}$, die letzteren für die complementaren Skalenoëder $-\frac{mPn}{2}$, welche beide vereinigt die dihexagonale Pyramide mPn darstellen.

Für die Rhomboëder und hexagonalen Pyramiden der Hauptreihe ist $n=1$, und für die hexagonalen Pyramiden der Nebenreihe $n=2$, also wird das Verhältnifs der Parameter in den Axen der X, Y und Z,

für $\frac{mP}{2}$ oder mR:

$$\frac{1}{\sqrt{\frac{3}{2}-ma}}:\frac{1}{\sqrt{\frac{3}{2}-ma}}:\frac{1}{\sqrt{\frac{3}{2}+2ma}},$$

für $-\frac{mP}{2}$ oder $-mR$:

Digitized by Google

$$\frac{1}{\sqrt{\frac{3}{2}}-2ma}:\frac{1}{\sqrt{\frac{3}{2}}+ma}:\frac{1}{\sqrt{\frac{3}{2}}+ma}$$

und endlich für $mP2$:

$$\frac{1}{1-ma\sqrt{\frac{3}{2}}}:\quad 1\quad:\frac{1}{1+ma\sqrt{\frac{3}{2}}}.$$

Man ersieht aus diesen Resultaten, dafs die Reduction der Gestalten einer hexagonalen Krystallreihe auf das rechtwinklige Axensystem nur dann möglich ist, wenn der Hauptaxenwerth in der respectiven Grundgestalt ein Multiplum oder Submultiplum von $\sqrt{\frac{3}{2}}$ nach einer rationalen Zahl ist, weil nur unter dieser Bedingung die Ableitungszahlen rational werden können. Hiermit ist aber nichts Anderes ausgesprochen, als dafs alle hexagonale Krystallreihen zuletzt aus dem *Hexaëder* als ihrer Grundgestalt derivirt werden sollen, woraus denn zugleich ein Zusammenfallen sämmtlicher hexagonaler Gestalten mit gewissen tesseralen Gestalten in der Weise folgt, dafs die letzteren nur partiell, mit 6, 12 oder 24 Flächen ausgebildet sind, und dadurch als Rhomboëder, Prismen Skalenoëder, hexagonale oder dihexagonale Pyramiden erscheinen.

Um daher irgend eine hexagonale Krystallreihe auf die rechtwinkligen Axen des Tesseralsystemes zurückzuführen, hat man zuvörderst für den Hauptaxenwerth a ihrer Grundgestalt die Gleichung:

$$a=p\sqrt{\tfrac{3}{2}}$$

geltend zu machen, in welcher p eine *rationale* Zahl seyn mufs. Soll nun aber p zugleich auch einen *einfachen* Zahlwerth haben, was allerdings für die Einfachheit der Resultate nöthig ist, so wird man freilich in den meisten Fällen die beobachteten Winkel der hexagonalen Grundgestalt um einige Minuten verändern müssen. So wird zum Beispiel

für Eisenspath	$a=\frac{2}{3}\sqrt{\frac{3}{2}}$,	wenn Polkt.	$=107°$ 6'
- Kalkspath	$a=\frac{7}{10}\sqrt{\frac{3}{2}}$	- -	$=104$ 55

Digitized by Google

für Quarz $a = \frac{9}{10}\sqrt{\frac{3}{2}}$, wenn Polkt. = 94° 10'
- Eisenglanz $a = \frac{10}{9}\sqrt{\frac{3}{2}}$ - - = 86 6

und es entspräche dann das Rhomboëder
des Eisenspathes, 6 Flächen der Gestalt $7 O 7$
- Kalkspathes, - - - - $8 O 8$
- Quarzes - - - - $28 O 28$
- Eisenglanzes, - - - - $29 O 29$.

Für die weitere Beurtheilung der Resultate mag folgende Vergleichung einiger Kalkspathformen dienen; es entspricht z. B. unter obiger Voraussetzung

die Form $-\frac{1}{2}R$, 6 Flächen der Gestalt $\frac{9}{2}O$
- - $-2R$, - - - - $\frac{4}{3}O$
- - $4R$, - - - - $\frac{11}{3}O\frac{11}{3}$
- - $-R$, - - - - $\frac{17}{4}O$
- - R^3, 12 - - - $15O\frac{5}{3}$.

Uebrigens scheint es mir, dafs diese Darstellungsart der hexagonalen Gestalten in rein krystallographischer Hinsicht immer nur einen sehr untergeordneten Werth behalten dürfte, weil damit keine einfachere Ansicht der Formen gewonnen wird, und weil man, bei Zugrundlegung der genauesten Winkelmessungen, gewöhnlich auf so unbequeme Ableitungszahlen gelangt, dafs man nur selten einiges Interesse an solchen Vergleichungen finden wird.

XII. *Chlorbenzin und Chlorbenzid;*
von E. Mitscherlich.

(Aus einer Abhandlung in den Denkschriften der K. Academie zu Berlin. — Die übrigen Gegenstände dieser Abhandlung wurden bereits früher mitgetheilt in dies. Ann. Bd. XXIX S. 231. Bd. XXXI S. 273. 283. 625. 631, Bd. XXXII S. 225 und 227.)

Am bequemsten erhält man das Chlorbenzin, wenn man in eine grofse Flasche Benzin giefst, und, während die Sonne darauf scheint, Chlor hineinleitet; das Chlor wird sogleich unter Wärmeentwicklung und Bildung von weifsen Dämpfen absorbirt. Nach einiger Zeit sondert sich

Digitized by Google

Chlorbenzin, welches in Benzin löslich ist, aus dem Benzin in Krystallen aus, und wenn man die Operation länger fortsetzt, wird alles Benzin in Chlorbenzin umgeändert. In Wasser ist das Chlorbenzin unlöslich, in Alkohol wenig und etwas mehr in Aether löslich; läfst man die concentrirte Auflösung des Benzins in Aether an der Luft stehen, so sondert sich das Chlorbenzin in bestimmbaren Krystallen aus. Bis 132° erwärmt schmilzt es; läfst man die flüssige Masse erkalten, so sinkt die Temperatur bis unter 125°, bis sie anfängt fest zu werden. Beim Erstarren steigt sie wieder bis 132°; bis 288° erhitzt, destillirt ein Theil davon unverändert über; ein Theil zersetzt sich in Chlorwasserstoffsäure und Chlorbenzid. Kochpunkt und Schmelzpunkt sind dieser Zersetzung wegen nicht sehr genau anzugeben, da das Chlorbenzin im Chlorbenzid sehr leicht löslich ist nnd das Chlorbenzid bei 210° kocht. Der Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt des Chlorbenzins wurde durch Verbrennung mit Kupferoxyd bestimmt, und da in der Verbindung nur Kohlenstoff, Wasserstoff und Chlor enthalten war, das was fehlte als Chlor in Rechnung gebracht.

1,241 Grm. Chlorbenzin gab 1,1185 Grm. Kohlensäure, worin 0,3095 Grm. Kohlenstoff und 0,2265 Grm. Wasser, worin 0,251 Grm. Wasserstoff enthalten sind; darnach sind in 100 Theilen Chlorbenzin 24,95 Theile Kohlenstoff, 2,02 Th. Wasserstoff und 73,03 Th. Chlor enthalten.

Besteht das Chlorbenzin aus gleichen Maafsen Kohlenstoff, Wasserstoff und Chlor, oder aus einem Maafs Benzingas und 3 Maafs Chlor, so enthält es in 100 Th.:

25,14 Kohlenstoff
2,06 Wasserstoff
72,80 Chlor.

Da bei der Einwirkung des Chlors auf das Benzin sich stets etwas Chlorwasserstoff bildet, so vermuthete ich anfangs, dafs sich auch bei der Verbindung des Chlors

Digitized by Google

und Benzins ein Theil Wasserstoff und Chlor möchten ausgeschieden haben; ich habe die Analyse dieser Verbindungen daher mehrere Male wiederholt, um besonders den Wasserstoffgehalt genau zu ermitteln; in einer Analyse gab mir 1,3275 Grm. Chlorbenzin 0,2456 Grm. Wasser, worin 0,027337 Grm. Wasserstoff, in einer anderen 0,5245 Grm. Chlorbenzin 0,099 Grm. Wasser, worin 0,01098 Grm. Wasserstoff enthalten sind; nach der ersten ist also 2,06 Procent, nach der zweiten 2,09 Procent Wasserstoff im Chlorbenzin enthalten. Die Bildung der Chlorwasserstoffsäure rührt daher unstreitig von der Bildung von etwas Chlorbenzid her, welche bei der Temperatur, welche bei der Verbindung des Benzins und Chlor entsteht, stattfindet, und welches man von dem gebildeten Benzin durch ein wenig Aether, worin es sehr löslich ist, leicht trennen kann. Mit dem Resultat dieser Analyse stimmt eine Analyse von Peligot überein.

Das Chlorbenzid.

Das Chlorbenzid erhält man in geringer Menge bei der Bildung des Chlorbenzins, in gröfserer Menge bei der Destillation desselben; wenn man Chlorbenzin in einem hohen Kolben so erhitzt, dafs das verflüchtigte Chlorbenzin sich im oberen Theile des Kolbens condensirt und wieder zurückfliefst, so kann man unter Entwicklung von Chlorwasserstoffsäure Chlorbenzin fast ganz in Chlorbenzid zersetzen. Sehr leicht erhält man es jedoch, wenn man Chlorbenzin mit einem Ueberschufs von Barythydrat oder Kalkerde mengt, und der Destillation unterwirft; es bildet sich Wasser, ein Chlormetall und Chlorbenzid geht über; mit Baryterde oder Kalkerde destillirt, zersetzt sich das Chlorbenzid nicht weiter.

Das Chlorbenzid ist eine ölartige farblose Flüssigkeit, von 1,457 specifischem Gewicht bei 7°; in Wasser ist sie unlöslich, von Alkohol, Aether, Benzin u. s. w. wird sie sehr leicht aufgelöst, von Säuren und Alkalien

Digitized by Google

wird sie nicht verändert, eben so wenig vom Brom und Chlor. Sie kocht bei 210°.

0,3635 Grm. Chlorbenzid gaben, mit Kupferoxyd verbrannt, 0,52425 Grm. Kohlensäure, worin 0,1451 Grm. Kohlenstoff und 0,0525 Grm. Wasser, worin 0,00582 Grm. Wasserstoff enthalten ist; darnach sind in 100 Th. Chlorbenzid, da es nur aus Kohlenwasserstoff, Wasserstoff und Chlor besteht, enthalten:

39,91	Kohlenstoff
1,62	Wasserstoff
58,47	Chlor.

Da das Chlorbenzin, mit Barythydrat erhitzt, sich vollständig in Chlorbenzid, Wasser und Chlorbarium zersetzt, und keine anderen Producte dabei entstehen, so wurde das Chlorbarium mit salpetersaurem Silberoxyd gefällt, um die Chlormenge zu bestimmen. 2,0635 Grm. Chlorbenzin gab 3,0255 Grm. Chlorsilber, worin 0,7464 Grm. Chlor enthalten ist; in 2,0635 Chlorbenzin sind aber, da das Chlorbenzid 72,80 Procent Chlor enthält, 1,502 Grm. Chlor enthalten, demnach ist genau die Hälfte des Chlors und Wasserstoffs bei der Destillation mit Barythydrat aus dem Chlorbenzin ausgeschieden worden.

Bei der Bestimmung des specifischen Gewichts des Chlorbenzidgases wurde das Rohr nicht zugeschmolzen, weil bei der hohen Temperatur, welche man dazu anwenden mufs, das Chlorbenzid sich zersetzt, und die Chlorwasserstoffsäure das Glas so stark angreift, dafs es nicht mit Sicherheit zugeschmolzen werden kann. Es wurde daher die Substanz in grofsem Ueberschufs angewendet, um die etwa zurückgebliebene Luft vernachlässigen zu können; die Bestimmung des specifischen Gewichts des Gases konnte daher nur ein annäherndes Resultat geben.

Rohr mit Luft bei 765^{mm} corr. B. und 13° T.	38,927 Grm.
Rohr mit Luft und der Substanz	39,297 -

Digitized

Das Rohr mit Wasser von 12° gefüllt 122,2 Grm.
Höchste Temperatur, wie das Metallbad abgelassen wurde 256°

Specifisches Gewicht des Chlorbenzidgases =6,37.

In 100 Theilen besteht das Chlorbenzin daher aus:

40,18 Kohlenstoff
1,64 Wasserstoff
58,18 Chlor

und

	3 Mſs. Kohlenstg.	=2,5314
1 Mſs. Chlorbenzid 6,2946 ist	=$1\frac{1}{2}$ - Wasserstg.	=0,1032
	=$1\frac{1}{2}$ - Chlorgas	=3,66

Brombenzin und Brombenzid.

Brom verhält sich ganz so wie Chlor gegen Benzin; bei der gewöhnlichen Temperatur und ohne Einwirkung der Sonne löst es sich in Benzin auf und kann gröſstentheils durch Destillation unverändert wieder abgeschieden werden; wenn das Sonnenlicht darauf einwirkt, so bildet sich gleichfalls allmälig eine feste Verbindung, welche im Wasser unlöslich, in Alkohol und Aether löslich ist, jedoch weit weniger als Chlorbenzin. Erhitzt zerlegt sich diese Verbindung theilweise, indem eine flüssige Verbindung, Bromwasserstoffsäure, welche gleichfalls theilweise zersetzt wird, wobei sich Brom bildet und Wasserstoff entsteht, übergeht. Mit Kalkerde oder Barythydrat erhält man dieselbe flüssige Verbindung, welche sich durch einen sehr intensiven Geruch auszeichnet. Mit Kalkerde destillirt verändert sich dieser Körper nicht weiter.

Digitized by Google

XIII. *Ueber das Vorhandenseyn zweier Regenzeiten im südlichen Europa; von H. W. Dove.*

Wenn man mit Hrn. v. Buch annimmt, daſs die an den Gränzen der tropischen Zone im Winter herabfallenden Regen, und die im südlichen Europa regelmäſsig eintretenden Herbstregen ihre Entstehung einer gemeinschaftlichen Ursache verdanken, nämlich den an den äuſseren Gränzen der Passate herabkommenden Aequatorialströmen, so liegt es nahe, die Sommerregen Mitteleuropas auf dieselbe Ursache zurückzuführen, und anzunehmen:

1) daſs bei nördlicher Abweichung der Sonne, wo die ganze Erscheinung des Passates am weitesten nördlich liegt, jene oberen Ströme in gröſster Mächtigkeit den Boden erst im mittleren Europa berühren, und daher dann hier im Kampfe derselben mit nördlichen Strömen das meiste Wasser herabfällt;
2) daſs zur Zeit der Herbstnachtgleiche diese Ströme erst südlicher den Boden fassen, und daher die nördlichen Küstenländer des mittelländischen Meeres in den Herbstmonaten die mächtigsten Niederschläge haben;
3) daſs bei südlicher Declination der Sonne dieses südliche Herabrücken der Sonne im Extrem vorhanden seyn wird, und daher die Regen der subtropischen Zone in Nordafrika Winterregen sind.

Man sieht leicht ein, daſs zu diesen drei Fällen ein vierter hinzuzufügen ist, nämlich:

4) daſs zur Zeit der Frühlingsnachtgleiche die Erscheinungen denen der Herbstnachtgleiche ähnlich seyn werden, also den Herbstregen Südeuropas eine Frühlingsregenzeit entsprechen muſs.

Digitized by Google

Gasparin [1]) schliefst aus der reichen Zusammenstellung von Beobachtungen, welche wir ihm verdanken, dafs Europa in eine Region der Sommerregen und in eine der Herbstregen zu theilen sey. Kämtz, welcher diese Zusammenstellung in seiner Meteorologie vervollständigt hat, ist indefs in Beziehung auf Südeuropa bei dem Resultat von Gasparin stehen geblieben, doch darf man nur auf die von ihm (I. 476 etc.) mitgetheilte Tafel sehen, um sich zu überzeugen, dafs in Italien die Curven der monatlichen Regenmengen entschieden zwei Maxima haben, welche an südlicheren Orten, und an Orten, denen nördlich ein Gebirge liegt, auf den März und November fallen, weiter nördlich hingegen, und wenn das Gebirge südlich, mehr auf April oder Mai und October. Dafs die aus einer langen Reihe von Jahren als mittlere Bestimmungen abgeleiteten Resultate aber auch in den einzelnen Jahren, sowohl in Beziehung auf die Menge des Regenwassers, als die Anzahl der Regentage sich deutlich aussprechen, finde ich aus einer näheren Vergleichung folgender Beobachtungsjournale von Palermo, Rom und Mailand:

Osservazioni Meteorologiche fatte nel Reale Osservatorio di Palermo, 1826—1829. Fol.

Opuscolo estratto di Osservazioni meteorologiche dal 1782 *al* 1801, *di* G. Calandrelli *ed.* A. Conti. *Roma* 1803. 4.

Risultati delle osservazioni meteorologiche fatte l'anno 1806. 7. 8 *nella specola Pontifica Vaticana da* F. L. Gilii. *Roma* 1807—1809.

Effemeride Astronomiche di Milano.

Die Gesammtheit der Regenverhältnisse der gemäfsigten Zone kann daher unter folgendem Gesichtspunkt zusammengefafst werden:

Die Winterregenzeit an den Gränzen der Tropen tritt, je weiter wir uns von diesen entfernen, immer

1) *Mémoire des climats Européens par rapport aux pluies.*

mehr in zwei, durch schwächere Niederschläge verbundene Maxima aus einander, welche in Deutschland in einem Sommermaximum wieder zusammenfallen, wo also temporäre Regenlosigkeit vollkommen aufhört.

Ein von Ost nach West sich erstreckendes Gebirge wirkt deswegen wie eine südlichere Lage, weil es die Aequatorialströme in einer Breite auffängt, wo sie ohne das Gebirge noch nicht den Boden berühren würden. Daher fallen die Maxima in Italien mehr in den März und October als in Frankreich, wo sie nach dem Sommer hin zusammenrücken, und richten sich hier wesentlich nach der Oeffnung der Thäler. Dafs wir aber das mittelländische Meer im Sommer als in eine locale Verlängerung des Passates aufgenommen ansehen können, zeigen die Beobachtungen in Palermo nach Elimination des Einflusses der Tag- und Nachtwinde, folgt auch aus der der Bedingung der Moussons im Indischen Meere gerade entgegengesetzten Lage des Meeres zum tropischen Continent. Die Beobachtungen in Palermo ergeben aufserdem, dafs die im Winter mit westlichen Winden herabfallenden Regen mit Steigen des Barometers verbunden sind, beweisen also, dafs, so wie ein Ort aus der Verlängerung der Passatzone heraustritt, er sogleich dem Gesetze der Drehung sich unterworfen zeigt.

In der Beschreibung von Minorca in Sprengel's Beiträgen heifst es: Im Frühjahr und Herbst tritt unfehlbar, so wie in Palästina, eine Regenzeit ein. Die Regen im März dauern etwa 8 bis 14 Tage. Diefs spricht für die Allgemeinheit der Erscheinung, auch für die Orte, für welche keine Beobachtungsreihen vorhanden sind.

XIV. *Beobachtung eines Nordlichts am 7. Febr. 1835; vom Prof. Dr. L. Feldt zu Braunsberg in Ostpreufsen.*

Den 7. Februar c. habe ich hier ein schönes Nordlicht beobachtet. Aus einer am Horizont von NW. über N. nach NO. hin sich erstreckenden, gegen 4° hohen und in NW. etwas verwaschenen dunkeln Wolkenwand, über welcher sich ein heller, aber sehr veränderlicher Lichtschein ausbreitete, drang gegen 6^h 16′ Abends eine Menge schön leuchtender Nordlichtsstrahlen, Diese Strahlen kamen gröfstentheils aus dem magnetischen Norden, standen $\frac{1}{2}$ bis 1 Minute am Himmel, verschwanden und erneuerten sich immer wieder; sie erstreckten sich oft bis das Zenith. Um 6^h 26′ wurde es am N. und NO. Horizont auffallend hell. Diese Helligkeit dehnte sich rasch nach NW. hin aus, und nach ungefähr 4 Minuten zeigte sich eine so grofse Menge vom Horizont heraufschiefsender Lichtstrahlen, dafs der ganze nördliche Himmel auf einige Secunden in Flammen zu stehen schien. Die ganze Naturerscheinung war gegen 6^h 31′ am glänzendsten. Um 6^h 37′ wurden die Strahlen schwächer, zogen sich immer mehr nach dem Horizont zurück, und der Lichtschein über der dunkeln Wolkenwand concentrirte sich an zwei Stellen, von denen die eine fast in N. und gegen 8° über dem Horizont sich befand, die andere aber genau im magnetischen Meridan lag. Die helle Stelle im magnetischen Meridian wurde um 6^h 40′ durch das von WNW. nach dem Zenith heranziehende Gewölk verdeckt; die andere aber in N. zeigte anfangs ein recht intensives Licht, verschwand nur sehr allmälig, und ich sah sie noch lange nach 9 Uhr. Bei den vom Horizont heraufschiefsenden Lichtstrahlen konnte man ganz deutlich ein prismatisches

Digitized by Google

Farbenspiel wahrnehmen. Von der Ausbildung einer Nordlichtkrone am Zenith habe ich nur schwache Spuren gesehen. Gegen 10 Uhr, und noch mehr zwischen 11 und 12 Uhr Nachts sah der Himmel ganz weifslich aus und war mit einer Menge langer Wolkenstreifen bedeckt, welche alle aus dem magnetischen Norden ausgingen, sich gröfstentheils über das Zenith nach Süden hin erstrecken und dort zu convergiren schienen.

Das eben beschriebene grofse Nordlicht wurde hier auch noch in Angerburg und Pillkallen beobachtet.

Noch bemerke ich, dafs auch am 22. December vorigen Jahres und am 27. Februar dieses Jahres von mir hier schwache Nordlichter wahrgenommen wurden.

XV. *Ueber die Discontinuität des Leuchtens der Blitze; von H. W. Dove.*

Die schönen Versuche von Wheatstone [1]) über die Dauer des Lichtes elektrischer Entladungen erregten in mir den Wunsch zu prüfen, ob die ungewöhnlich häufigen, oft als dauerndes ununterbrochenes Leuchten erscheinenden Blitze des zweiten Gewitters, welches am 5. Juli dieses Jahres Abends $9\frac{3}{4}$ Uhr über Berlin zog, aus einer raschen Aufeinanderfolge einzelner Entladungen beständen. Ein gut construirter Busolt'scher Farbenkreisel [2]) mit zwei Flügeln bedeckt, welche, nachdem der Kreisel rasch abgezogen worden war, bei Kerzenlicht eine schöne Mischungsfarbe gaben, zeigte im dunkeln Zimmer von Blitzen beleuchtet das durch diese Flügel entstehende Kreuz mit bestimmten Umrissen, aber mit der gröfsten Schnelligkeit auf dem dunkeln Grunde des

1) Annal. Bd. XXXIV S. 464 und Bd. XXXIII S. 479.

2) Annal. Bd. XXXII S. 656.

Kreisels hin und her schwankend, woraus hervorgeht, dafs auch die scheinbar dauerndsten Blitze eine Aufeinanderfolge einzelner Eindrücke waren. Denkt man sich nun den Blitz als eine lange Reihe einzelner, neben einander entstehender Funken, so wird man, wenn diese sich nach einander entzünden, wo auch die Entzündung beginnen mag, wenigstens die Hälfte der Länge des Blitzes als den von der elektrischen Entladung während der Dauer des Leuchtens des Blitzes durchlaufenen Weg annehmen müssen. Die darauf verwendete Zeit war daher in der ungünstigsten Stellung der Flügel, der rechtwinklichen nämlich, kürzer als ein Viertel der Dauer der Umdrehung des Kreisels. Da aber, wenn durch Berühren der Flügel der von ihnen eingeschlossene Winkel beliebig geändert wurde, die Schenkel des spitzen Winkels nie als Kreisausschnitt dem Auge erschienen, sondern immer als getrennte Schenkel, so sieht man leicht, dafs die Zeitdauer noch viel kürzer war.

XVI. *Ueber die optischen Eigenschaften hemi- und tetarto-prismatischer Krystalle.*

Auf Veranlassung der im letzten Hefte, S. 81 und 203, mitgetheilten optischen Beobachtungen, hat mir Hr. Prof. Dove die folgende Notiz zur Bekanntmachung übergeben:

»Die von Hrn. Prof. Nörrenberg am *Gyps* und *Borax* entdeckte Unsymmetrie der Farbenerscheinungen in den Ringsystemen der beiden Axen, welche nach Hrn. Prof. Neumann auch am *Adular* vorhanden ist, zeigt sich am *Diopsid* nicht. Die centralen farbigen Räume der beiden bei der gewöhnlichen Temperatur eines Zimmers ganz gleichen Ringsyteme kehren, wie beim Arragonit, ihre rothen Enden einander zu, wenn der Haupt-

schnitt des Krystalls einer der Axen der gekreuzten Turmalinplatten parallel ist.«

Bereits vor einigen Wochen hatte ich Hrn. Prof. Neumann von dieser Thatsache in Kenntnifs gesetzt. Als Antwort darauf erhielt ich vor einigen Tagen die nachstehenden Bemerkungen, die ich mir wegen ihres Interesses erlaube der obigen Notiz hinzuzufügen.

»Dafs es sich mit dem *Diopsid* nahe so verhält, wie Sie mir schreiben, war mir bereits bekannt, ich sage *nahe*, weil ich bis jetzt noch keine Platte geschliffen habe, gegen welche beide Axen *gleich* geneigt gewesen wären, was, wenn die Axen so wie beim Diopsid liegen, nämlich in der die Gestalt symmetrisch theilenden Ebene, nothwendig ist, wenn *kleine Unterschiede* sichtbar werden sollen.«

»Beim *Zucker*, der auch zum hemiprismatischen (zwei- und eingliedrigen) System gehört, verhält es sich eben so.«

»Uebrigens sind diefs *Gränzfälle*, wo die Unsymmetrie verschwindet [1]); wahrscheinlich sind es die minder häufigen. Im Allgemeinen ist wirklich Alles, was im hemiprismatischen Systeme möglich ist, durch die drei Fälle, welche der Gyps, der Borax (und Adular) und der Arragonit (in Bezug auf den Topas) darbieten, erschöpft.«

»Ganz anders verhält es aber sich bei den *tetartoprismatischen* (ein- und eingliedrigen) Systemen.«

»Ich habe drei derselben untersucht: 1) die *Weinsteinsäure* (dafs sie nicht hemiprismatisch ist, wie Brooke sie beschrieb, ergab sich aus der Lage der optischen Axen); 2) *Traubensäure*, und 3) *bernsteinsaures Ammoniak*.«

1) In Bezug hierauf ist auch der Umstand bemerkenswerth, dafs, abweichend von der allgemeinen Regel bei hemiprismatischen Krystallen, beim Diopsid oder durchsichtigen Augit (gleich wie bei der Hornblende) die vordere und hintere schiefe Endfläche (*P* und *t* bei Haüy) einen gleichen Winkel mit der Axe der Säule bilden. *P.*

Digitized

A

a

b

B

»Bei den beiden letzten sind die Farbenaxen des einen Ringsystems (z. B. *A*) genau oder sehr nahe symmetrisch vertheilt auf der Ebene durch beide Ringsysteme. Bei dem andern Ringsystem (*B*) liegen die Farbenaxen aber ganz unsymmetrisch, so dafs die Ringe auf der Seite *b* fast ganz verschwunden sind. Das eine Ringsystem sieht aus wie eins beim *Arragonit*, das andere wie eins bei der *Weinsteinsäure*.«

»Bei der *Weinsteinsäure* sind nämlich beide Ringsysteme einander gleich, aber die Farbenaxen geneigt gegen ihre Ebene, also wie beim Borax und Adular, aber auf eine weit ausgezeichnetere Weise, so dafs man bei beiden Ringsytemen *A* und *B* fast nur auf der einen Seite *a* und *b* Ringe erblickt. Die Weinsteinsäure bildet also wieder einen Gränzfall wie der Augit (Diopsid) und Zucker bei den hemiprismatischen Systemen.« —

Nachdem die Nörrenberg'sche Entdeckung länger denn drei Jahre gleichsam ein Geheimnifs zwischen wenigen Personen gewesen, ist sie, sonderbar genug, fast gleichzeitig auf zwei verschiedenen Wegen zur Oeffentlichkeit gebracht worden. Die fünfte Nummer des *Bulletin de l'academie royale des sciences et belles lettres de Bruxelles* (1835), welche ich durch die Güte des Hrn. Quetelet wenige Tage nach dem Schlufs des vorigen Hefts zugesandt bekam, enthält nämlich ebenfalls einen Abrifs von dieser Entdeckung, begleitet mit einer Bestätigung derselben durch Versuche, die Hr. Quetelet in Gemeinschaft mit Hrn. Babinet in Paris unternommen hat. Letzterer fügt noch ein Paar von Hrn. Nörrenberg empfangene Bemerkungen hinzu, die ich glaube hier auch noch mittheilen zu müssen.

»Um die Noncoïncidenz der Ebenen der optischen Axen im Borax zu zeigen, läfst Hr. Nörrenberg das polarisirte Licht, vorher durch ein blaues durch Kobalt gefärbtes Glas gehen. Er bekommt dann vier gesonderte

Ringsysteme, zwei rothe und zwei blaue. Verbindet man die Mittelpunkte der rothen Ringsysteme durch eine gerade Linie, so schneidet sie die Linie, welche die Mittelpunkte der blauen Ringsysteme verbinden würde.«

»Beim *salpetersauren Quecksilber* [1]) ist die Erscheinung noch sonderbarer. Verbindet man nämlich die beiden Centra der Farbenringe durch eine Linie, so liegen die Farben nicht symmetrisch dieſs- und jenseits dieser Linie. Die beiden rothen Centra liegen zum Beispiel über der Linie, die beiden blauen darunter (diese Beobachtung ist demnach auch mit Hülfe des blauen Glases gemacht. *P.*). Die Linien, welche die rothen und blauen Centra verbinden, liegen also parallel, und die Ebenen der optischen Axen für das Blau und für das Roth schneiden sich nicht in dem pyramidalen Raum, der durch die vier besagten Axen abgegränzt ist, oder anders gesagt, in dem pyramidalen Raum, welcher von den vier Axen als Kanten begränzt wird, liegen die beiden Axen gleicher Farbe auf einer Seite, und nicht, wie beim Borax, in der Diagonale.«

Diese vom salpetersauren Quecksilber angegebene Erscheinung fällt offenbar mit der beim Borax zusammen, wie sie vom Prof. Neumann beschrieben ist; allein nach Hrn. Nörrenberg's Beobachtung würde das Verhalten beim Borax ein anderes seyn. *P.*

XVII. *Farbenerscheinungen bei chromhaltigen Salzen.*

Im *Phil. Mag. Ser. III Vol. VI p.* 133 giebt Sir Brewster Nachricht von einem für Cymophan gehaltenen Minerale, welches er behufs einer optischen Untersuchung von Hrn. Nordenskiöld zugesandt erhielt. Dasselbe kommt in den Smaragd-Gruben von Katharinenburg vor, in gro-

1) Es befindet sich dabei im Original ein Fragezeichen.

ſsen Krystallen von 1 bis 2 Zoll Durchmesser, die gewöhnlich nach der in Mohs's Mineralogie, Bd. II Taf. VII Fig. 38, abgebildeten Art zusammengesetzt sind, und, nach Hrn. Hartwall, unter andern Bestandtheilen auch Chrom enthalten. Zufolge Hrn. Nordenskiöld's Beobachtungen ist das Mineral im Tageslicht *grün*, im Kerzenlicht *nelkenroth*, und, wenn man es im polarisirten Licht durch einen Turmalin betrachtet, erscheint ein Theil desselben *smaragdgrün*, ein anderer *schwach schmutziggelb*, Farben, die gegen einander austauschen, wenn man den Krystall um 60° dreht. Brewster bestätigt dieſs, und fügt hinzu, der Krystall bestehe aus drei einfachen, die unter 60° an einander gewachsen seyen, und seine Farbenverschiedenheit im Tages- und Kerzenlicht entstehe daraus, daſs letzteres viel Roth und wenig Blau enthält und daſs der Krystall eine Lichtgattung mehr als die andere absorbirt. Aehnlich verhalten sich nach ihm viele grüne Pflanzensäfte, die im Kerzenlicht blutroth erscheinen, ferner *schwefelsaures Chromoxydul-Ammoniak* und *oxalsaures Chromoxydul-Kali* in fester und in aufgelöster Form. Die Krystalle des letzteren sind nach neueren Beobachtungen von ihm (*L'Institut*, *No.* 107 *p.* 174) bei gröſserer Dicke als 0,04 Zoll im Sonnenlicht undurchsichtig, fast schwarz, bei geringerer Dicke blau, das weniger gebrochene Bild ist lebhaft blau, das stark gebrochene schön grün; bei gröſserer Dicke wird ersteres reiner und blasser blau, letzteres roth, bei noch gröſserer verschwindet ersteres ganz, und letzteres ist am reinsten roth. Licht, das parallel der Axe polarisirt ist, geht grün durch, das senkrecht gegen dieselbe polarisirte aber blau; das Salz übt überdieſs auf einen bestimmten rothen Strahl des Spectrums eine eigenthümliche Wirkung aus [1]).

1) Vergl. Annal. Bd. XXVIII S. 384 und Bd. XXXIII S. 591. *P.*

Digitized by Google

1835. ANNALEN №. 7.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XXXV.

I. *Neue Untersuchungen über den unmittelbaren Durchgang der strahlenden Wärme durch verschiedene starre und flüssige Körper; von Hrn. Melloni.*

(*Annal. de chim. et de phys. T. LV p.* 337.)

Von den Veränderungen des Wärmedurchgangs in Folge einer Veränderung der Wärmequelle.

Die Versuche, welche ich in der früheren Abhandlung beschrieben habe [1]), zeigen, dafs die durchsichtigen Körper keine gleiche Einwirkung auf die einer Flamme entströmenden Licht- und Wärmestrahlen ausüben.

Denn wir haben gesehen, dafs dünne Plättchen von Alaun- und Citronensäure, wegen ihrer Durchsichtigkeit, die Lichtstrahlen einer Argand'schen Lampe beinahe gänzlich durchlassen, die begleitenden Wärmestrahlen aber zu acht bis neun Zehnteln auffangen, während dicke Stücke von Rauchtopas das Licht fast gänzlich aufhalten, und dagegen der strahlenden Wärme einen freien Durchgang gestatten.

Es fragt sich nun, ob diese Verschiedenheit in dem Verhalten der Körper gegen beide Wesen und die von der Natur und Dicke der Platten abhängigen Verhältnisse des Wärmedurchgangs constant bleiben, wenn die Strahlen irgend einer andern leuchtenden oder dunkeln Wärmequelle angewandt werden? Diefs ist die erste Frage, welche ich in dieser zweiten Reihe von Versuchen zu beantworten mich bestrebt habe.

Um die in einzelnen Fällen durchgelassenen Wär-

1) S. 112 und 277 dieses Bandes.

memengen zweckmäſsig mit einander zu vergleichen, muſs man mit Wärmestrahlen experimentiren, die aus Wärmequellen von constanter Temperatur herstammen. Allein diese Bedingung wird nur von gewissen Flammen und von siedenden Flüssigkeiten erfüllt; und deshalb habe ich die Versuche nicht so vielfach abändern können als ich es gewünscht hätte. Allein ich habe Wärmequellen angewandt, welche die merkwürdigsten Fälle von Erhitzung und Verbrennung der Körper darbieten. Es sind ihrer vier, zwei leuchtende und zwei dunkle, nämlich eine Oelflamme ohne Dazwischenkunft von Glas, glühendes Platin, Kupfer von 390° C., und siedendes Wasser. Die erste Wärmequelle erhielt ich von einer Locatelli'schen Lampe [1]); die zweite bestand aus einem Schraubendraht von Platin, der durch eine Weingeistlampe im Glühen erhalten wurde; die dritte bekam ich durch Verhüllung einer Weingeistflamme mit einem Kupferblech, das bald eine feste Temperatur von durchschnittlich 390° C. erlangte, wovon ich mich durch die Eintauchungs-Methode überzeugte; und die vierte ist ganz einfach ein äuſserlich geschwärztes und mit siedendem Wasser gefülltes Gefäſs von dünnem Kupferblech.

Die Intensitäten der Wärmestrahlung wurden immer mit dem Thermo-Multiplicator bestimmt. Die anzuwen-

1) Locatelli's Lampe ist eine gewöhnliche Oellampe, ohne Zugröhre, mit einem einzigen Luftzug, und einem prismatisch viereckigen Docht, der genau die Oeffnung der Dille ausfüllt. Ihre Flamme ist ziemlich gut und von constanter Temperatur, aber eine Argand'sche Lampe giebt weit intensiveres Licht.

Bei der ersten Versuchsreihe handelte es sich vor allem darum, die etwaigen Unterschiede zwischen der Wärme- und Lichttransparenz zu ermitteln, und daher gaben wir einer Wärmequelle den Vorzug, die für die Thatsache, welche wir nachweisen wollen, die *ungünstigste* ist. Bei den vorliegenden Untersuchungen war es aber die Wärme-Transparenz an sich, deren Studium wir uns besonders vorsetzten, und wir muſsten daher mit Strahlen experimentiren, die vor den Versuchen noch durch keine Substanz gegangen waren.

Digitized by Google

denden Mittel, um mit diesem Instrument den unmittelbaren Wärmedurchlaſs zu messen, sind in der früheren Abhandlung aus einander gesetzt; daher übergehe ich hier die Einrichtungen des Apparats und die Beschaffenheit der galvanometrischen Angaben. Ich bemerke bloſs, daſs bei dieser Methode, bei der man mit einer Strahlung gleich 30° meines Thermo-Multiplicators experimentirt, die zwischen diesem Instrument und der Wärmequelle in zweckmäſsigem Abstande aufgestellten durchsichtigen Körper keine hinlängliche Temperatur erlangen können, um eine merkliche Wirkung auf das Instrument auszuüben. Dieſs läſst sich auf dreierlei Art beweisen.

1) Indem man die Schirme auf ihr Gestell bringt, nachdem man sie einer Wärmestrahlung ausgesetzt hat, von gleicher Kraft mit der, welche sie während des Versuchs erleiden. 2) Indem man, statt des durchsichtigen Körpers, geschwärzte Glas- oder Metallplatten, Holz- oder Steinplättchen, oder bloſse Papierbogen nimmt. 3) Indem man mit der Natur und Dicke des mehr oder weniger durchsichtigen Mittels, welches die Strahlen durchdringen sollen, wechselt, vom dünnsten Glimmerblatt bis zu mehre Zoll dicken Stücken Bergkrystall, Kalkspath oder Glas. Im ersten Fall bleibt der Zeiger des Galvanometers, ungeachtet der von den Schirmen erlangten Wärme, unbeweglich; eben so ist es im zweiten Fall, wiewohl dann die geschwärzten oder undurchsichtigen Platten wirklich der Strahlung der Wärmequelle ausgesetzt sind. Im dritten Fall geht der Galvanometerzeiger aus der Gleichgewichtslage und beschreibt, je nach der Beschaffenheit und Dicke des Schirms, einen mehr oder weniger groſsen Bogen; allein die Zeit zur Erreichung des Endpunkts dieses Bogens ist unveränderlich, und derjenigen gleich, welche die Nadel zur Durchwanderung der dreiſsig Grade gebraucht, um welche sie, ohne Dazwischenkunft eines Schirms abgelenkt wird.

Diese dritte Probe, obwohl indirect, hat die stärkste

Digitized by Google

Beweiskraft, und überdiefs den Vorzug, auf eine gleichsam handgreifliche Weise zu zeigen, dafs der Durchlafs der strahlendeu Wärme auf eine ganz ähnliche Art geschieht wie die Fortpflanzung des Lichts durch klare, starre oder flüssige Körper, bei welchen man in den Zeiten, welche das Licht gebraucht, um Schichten von irgend einer Natur und Dicke zu durchdringen, keinen mefsbaren Unterschied beobachtet.

Die Analogie zwischen dem Durchgang des Lichts und dem der strahlenden Wärme wird noch auffallender, wenn man in der Masse des den Versuchen unterworfenen Schirms irgend eine Erschütterung oder Bewegung hervorbringt. Ich habe die verschiedenen Theile einer grofsen Glasscheibe rasch vorübergeführt vor dem engen Loch in einer Metallplatte, durch welches die Wärmestrahlen gehen mufsten, um zur Oberfläche der Säule zu gelangen; ich habe diese Scheibe durch Streichen mit einem Bogen in tönende Schwingungen versetzt; — aber in beiden Fällen blieb das Galvanometer beständig auf demselben Grad der Skale stehen. Eben so blieb die Ablenkung der Magnetnadel sich gleich als ich die Wärmestrahlung durch eine gesäuerte Schicht Wasser gehen liefs, welche anfangs in Ruhe war, darauf aber in Bewegung gesetzt oder von einem elektrischen Strom durchdrungen ward.

Hiedurch wird also die Thatsache, welche Pictet und Saussure beobachteten, als sie die zwischen den Reflectoren befindliche Luft in Bewegung setzten, unter verschiedenen Formen bestätigt, die nämlich, dafs man durch dieses Mittel weder die Richtung noch die Stärke der durch atmosphärische Luft oder irgend ein klares Mittel gehenden Licht- oder Wärmestrahlen abzuändern vermag.

Diese Betrachtungen scheinen mir geeignet, selbst den geringsten Zweifel zu zerstreuen, den man noch an dem unmittelbaren Durchgang der strahlenden Wärme durch starre oder flüssige diathermane Substanzen hegen

Digitized by Google

könnte. Doch kehren wir zu unseren vier Wärmequellen zurück.

Ich habe bereits bemerkt, dafs ich bei meiner Methode immer mit einer Strahlung gleich 30° meines Thermo-Multiplicators experimentire. Um diesen Zweck mit Wärmequellen von verschiedener Temperatur zu erreichen, mufs man sie der thermo-elektrischen Säule mehr oder weniger nähern, bis man die verlangte Ablenkung des Galvanometers erhält. Und diefs ist auch bei allen meinen Versuchen geschehen. Ein und derselbe Schirm wurde unter diesen verschiedenen Umständen immer einer und derselben Menge strahlender Wärme ausgesetzt, und so konnten die Unterschiede in den Verlüsten, welche die Wärme beim Durchgang durch diesen Schirm erlitt, offenbar nur von einer, diesen Strahlungen angehörigen *Eigenschaft* abhängen. Diese Betrachtung wird die Wahrheit der Folgerungen, die wir bald aus unseren Resultaten ziehen werden, noch einleuchtender machen.

Sieben Glasscheiben von verschiedener Dicke, nach einander der Wirkung jener vier Wärmestrahlungen ausgesetzt, gaben mir folgende Durchlässe:

Dicke der Scheiben.	Durchlässe des Glases auf 100 Wärmestrahlen.			
	der Locatelli-schen Lampe.	des glühenden Platins.	des geschwärzten bis 390° C. erhitzten Kupfers.	des geschwärzten bis 100 C. erhitzten Kupfers.
0mm,07	77	57	34	12
0 ,5	54	37	12	1
1	46	31	9	0
2	41	25	7	0
4	37	20	5	0
6	35	18	4	0
8	33,5	17	3,4	0

Obgleich man den Hitzgrad einer Oelflamme und des durch eine Weingeistlampe glühend gehaltenen Platins nicht genau kennt, so kann man doch sicher seyn,

dafs der erstere höher ist als der zweite, und dafs dieser wiederum höher ist als 390°, der Temperatur der vorderen Kupferplatte. Nun braucht man nur ein Auge auf die Tafel zu werfen, um zu sehen, dafs die Zahl der von einer und derselben Lamelle durchgelassenen Strahlen mit der Temperatur der Wärmequelle abnimmt, was das bekannte Gesetz von Delaroche bestätigt. Allein die Abnahme ist mehr oder weniger rasch, je nachdem die Dicke der Lamelle mehr oder weniger grofs ist.

Es seyen OM, ON (Fig. 1 Taf. III) zwei rechtwinkliche Axen von gleicher Länge, von denen erstere die 8 Millimeter betragende Dicke des Schirms, und die zweite die Gesammtmenge der einfallenden Strahlen bezeichnen mag. Theilen wir OM in sechs Theile Oa, Ob, Oc, Od, Oe, Of, respective gleich: $\frac{0,07}{8}OM$, $\frac{0,5}{8}OM$, $\frac{1}{8}OM$, $\frac{2}{8}OM$, $\frac{4}{8}OM$, und $\frac{6}{8}OM$; und errichten wir in den Theilpunkten die Senkrechten: $aa' = \frac{77}{100}ON$, $bb' = \frac{54}{100}ON$, $cc' = \frac{46}{100}ON$, $dd' = \frac{41}{100}$ $ee' = \frac{37}{100}ON$, $ff' = \frac{35}{100}ON$, $Mg' = \frac{33,5}{100}ON$. Verbinden wir dann die Endpunkte dieser Senkrechten, so wird die daraus entstehende Curve $a'\,b'\,c'\,d'\,e'\,f'\,g'$ die abnehmende Intensität der Wärmestrahlung der Locatelli-schen Lampe in jedem Punkt des $8^{mm},0$ dicken Schirms vorstellen.

Eine ähnliche Construction giebt für die abnehmenden Intensitäten der drei andern Strahlungen die Curven $a''\,b''\,c''\,d''\,e''\,f''\,g''$, $a'''\,b'''\,c'''\,d'''\,e'''\,f'''\,g'''$, $a^{IV}\,b^{IV}$ u. s. w.

Nun denke man sich den Schirm nach irgend einer Ebene PP' parallel mit ON durchschnitten. Die zur abgeschnittenen Scheibe hinaustretenden Strahlen werden durch die Durchschnittspunkte dieser Ebene mit den Cur-

Digitized by Google

ven bestimmt, so dafs PP', PP'', PP''' die Wärmemengen vorstellen, welche von den drei ersten Wärmequellen zur Lamelle OP hinaustreten; denn die Strahlen der vierten werden bei einer Dicke von einem Millimeter vollkommen vernichtet. Nun sieht man, dafs die Verhältnisse des Abstands dieser Durchschnittspunkte von der Axe OM in dem Maafse abnehmen als die abgeschnittene Schicht dünner ist; ihre Abstände von der Axe sind einander schon ziemlich gleich, wenn der Durchschnitt mit der Ordinate aa' oder dem Anfange der Beobachtungen zusammenfällt, und sie werden es noch mehr im Innern der ersten Schicht Oa, so dafs bei einer, der Eintrittsfläche sehr nahe liegenden Gränze die Unterschiede fast aufgehoben werden [1]).

Die erste unendlich dünne Schicht läfst also von den

1) Ich habe mir keine dünneren Glasblättchen als von sieben Hunderteln eines Millimeters verschaffen können. Wir werden indefs bald sehen, dafs alle durchsichtigen Substanzen, natürliche wie künstliche, sich mehr oder weniger dem Glase analog verhalten. Nun giebt es mehre Krystalle, die sich in Blättchen von grofser Dünnheit spalten lassen (*se divisent spontanément*), und die daher sehr geeignet sind zu zeigen, dafs die Verhältnisse der Wärmemengen, die von einem und demselben, den Strahlungen jener vier Quellen ausgesetzten Schirme durchgelassen werden, sich desto mehr der Gleichheit nähern als man diesen Schirm dünner nimmt. So gab ein Gypsblättchen von $2^{mm},6$ Dicke folgende vier Durchlässe:

14 5 0 0,

bei der Dicke von $0^{mm},4$

38 18 7 0,

und bei der Dicke von $0^{mm},01$:

64 51 32 21.

Ein Glimmerblättchen von $0^{mm},02$ Dicke gab die vier Durchlässe:

80 76 39 26.

Und bei einem von diesen Blättchen abgespaltenen noch dünneren, das jedoch noch nicht gefärbt war, wurden diese Durchlässe zu:

86 85 61 46.

Strahlen der vier Wärmequellen beinahe gleiche Mengen durch. Allein die Verlüste, welche die Strahlen dieser Quellen im Innern dieser Elementar-Lamelle erleiden, müssen, wiewohl sie äufserst klein und in Bezug auf die durchgelassenen Strahlen zu vernachlässigen sind, doch unter sich sehr verschiedene Gröfsenverhältnisse haben. Denn vermöge dieser, durch die Wirkung der auf einander folgenden Schichten mehrmals wiederholten Verlüste entstehen zuletzt die beträchtlichen Unterschiede in den Mengen, welche von der Wärme jener Quellen einen Schirm von gegebener Dicke durchdringen.

Das Gesetz von Delaroche sagt nicht, ob die veränderliche Auffangung der Wärme durch eine und dieselbe Platte von einer innern oder von einer äufseren Wirkung dieser Platte herrühre. Ja die gewöhnlichen Eigenschaften der Wärme schienen zu der weit wahrscheinlicheren Annahme einer blofsen Auffangung an der Oberfläche zu führen. Kurz, wenn man ein und dieselbe Glasplatte successiv den Strahlungen mehrer Wärmequellen aussetzte und sie dabei ungleiche Wärmemengen durchlassen sah, so war man geneigt zu glauben, die Wärme werde anfangs in einem mit der Temperatur der Wärmequelle veränderlichen Verhältnifs aufgefangen und pflanze sich darauf im Innern nach den bekannten Gesetzen der Leitungsfähigkeit fort. Allein die Erfahrungen, welche ich so eben beibrachte, scheinen deutlich zu beweisen, *dafs die Wärmestrahlen von verschiedener Abkunft mehr oder weniger schnell im Innern einer und derselben Masse erlöschen.*

Mithin üben die Glastheilchen auf die strahlende Wärme eine wirkliche *Absorptionskraft* aus, eine desto stärkere, je niedriger die Temperatur der Wärmequelle ist.

Nun könnte man fragen, ob diese Wirkungsweise allen durchsichtigen Substanzen angehöre oder blofs dem Glase.

Um diefs zu beantworten, ist es nicht nöthig, die von

mir mit Glas von verschiedener Dicke angestellten Versuche bei allen Körpern zu wiederholen; denn sobald einmal das Gesetz von Delaroche für irgend eine Platte bestätigt ist, so folgt, dafs die Substanz, aus welcher die Platte besteht, auf die Wärmestrahlen vermöge einer Absorptionskraft einwirkt, die sich umgekehrt wie die Temperatur der Wärmequelle verhält; und da diese Kraft von allen Punkten der Masse ausgeht, so müssen offenbar die Unterschiede zwischen zwei Durchlässen mit der Dicke der Schirme abnehmen. Die Aufgabe besteht also darin, auszumitteln, ob die mehr oder weniger durchsichtigen Körper auf die strahlende Wärme von verschiedener Herkunft eine ähnliche Wirkung ausüben, wie ich eben bei einer einzigen meiner Glasplatten beobachtet habe.

Die folgende Tafel enthält die von 2^{mm},6 dicken Platten aus verschiedenen Substanzen unmittelbar durchgelassenen Mengen der Wärme von viererlei Herkunft.

Die durchgelassenen Mengen sind in Hunderteln der einfallenden Menge ausgedrückt, und wie die vorherigen immer gemessen unter der Einwirkung einer gleich starken Strahlung von jeder der Wärmequellen.

Dazwischen gesetzte Substanzen, gemeinsame Dicke 2^{mm},6.	Durchgelassen von 100 Wärmestrahlen			
	der Locatellischen Lampe.	des glühenden Platin.	des bis 390°C. erhitzten u. geschwärzt. Kupfers.	des bis 100°C. erhitzten u. geschwärzt. Kupfers.
Steinsalz, klar farblos	92	92	92	92
Flufsspath, klar farblos	78	69	42	33
Steinsalz, durchsichtig, schielend .	65	65	65	65
Berill, klar grüngelb	54	23	13	0
Flufsspath, klar grünlich	46	38	24	20
Kalkspath, klar farblos	39	28	6	0
Anderer, klar farblos	38	28	5	0
Spiegelglas, klar farblos	39	24	6	0

Digitized by Google

Dazwischen gesetzte Substanzen, gemeinsame Dicke $2^{mm},6$.	Durchgelassen von 100 Wärmestrahlen			
	der Locatellischen Lampe.	des glühenden Platin.	des bis 390°C. erhitzten u. geschwärzt. Kupfers.	des bis 100°C. erhitzten u. geschwärzt. Kupfers.
Anderes, klar farblos	38	26	5	0
Bergkrystall, klar farblos	38	28	6	0
Rauchtopas, klar braun	37	28	6	0
Saures chromsaures Kali, klar, lebhaft orange	34	28	15	0
Topas, klar farblos	33	24	4	0
Weisbleierz, klar, farblos	32	23	4	0
Schwerspath, klar schwach schielend	24	18	3	0
Achat, durchscheinend, weifs . . .	23	11	2	0
Adular, klar schielend gestreift . .	23	19	6	0
Amethyst, klar violett	21	9	2	0
Künstl. Bernstein, klar gelb	21	5	0	0
Aquamarin, klar blaugrün	19	13	2	0
Achat, durchscheinend gelb	19	12	2	0
Borax, durchscheinend weifs	18	12	8	0
Turmalin, klar dunkelgrün	18	16	3	0
Ochsenhorn, durchschein. nufsbraun	18	4	0	0
Gemeines Gummi, klar gelblich . .	18	3	0	0
Schwerspath, klar schielend gestreift	17	11	3	0
Gyps, klar farblos	14	5	0	0
Sardonyx, durchscheinend braun .	14	7	2	0
Citronensäure, klar farblos	11	2	0	0
Kohlens. Ammoniak, klar schielend gestreift	12	3	0	0
Weins. Kali-Natron, klar farblos . .	11	3	0	0
Natürl. Bernstein, durchschein. gelb	11	5	0	0
Alaun, klar farblos	9	2	0	0
Leim, klar gelbbraun	9	2	0	0
Perlmutter, durchscheinend weifs .	9	0	0	0
Kandis, klar farblos	8	0	0	0
Flufsspath, durchscheinend grün . .	8	6	4	3
Geschmolzener Zucker, klar gelblich	7	0	0	0
Eis, sehr rein, klar farblos	6	0	0	0

Digitized by Google

Ehe ich die in dieser Tafel enthaltenen Resulate erörtere, mufs ich erinnern, dafs alle unter der freien Wirkung einer constanten Strahlung von 30° des Thermo-Multiplicators erhalten wurden. Nun lassen sich halbe Grade an diesem Instrument sehr deutlich ablesen; mithin sind die durchgegangenen Wärmemengen bis auf $\frac{1}{60}$ der einfallenden richtig, und wenn man die Beobachtungen wiederholt, gelingt es leicht, noch ein Hundertel zu schätzen.

Die Wärmemenge, welche von einer und derselben Substanz durchgelassen wird, ist nach deren Reinheit um mehre Hundertel verschieden. Es ist daher überflüssig, der Messung dieses Elements eine Genauigkeit zu geben, die über ein Hundertel der Gesammtmenge hinausgeht. Allein für die Gränzen der unmerklichen Durchlässe war eine genauere Bestimmung wünschenswerth; deshalb habe ich auch für diese Fälle die Annäherung fast immer bis $\frac{1}{200}$ und zuweilen bis $\frac{1}{300}$ getrieben, so dafs, wenn auch die Nullen nicht eine gänzliche Abwesenheit des Wärmedurchgangs anzeigen, sicher doch wenigstens die etwa durchgegangenen Strahlen in Summe nicht $\frac{1}{200}$ der einfallenden Menge betragen.

Um demnach die Wahrscheinlichkeit eines Fehlers zu verringern, mufste man mit stärkeren Strahlungen experimentiren. Nun giebt die in meiner ersten Abhandlung enthaltene *Intensitäten-Tafel* [1]) keine Kräfte, die den Galvanometerzeiger über 45° treiben. Durch die nämliche Methode, welche mir zur Construction dieser Tafel gedient hat, hätte ich sie auf höhere Grade des Quadranten ausdehnen können; allein ich zog es vor, jedesmal einen sehr einfachen Kunstgriff anzuwenden, der mir unmittelbar die Kraft irgend einer Strahlung und die gesuchte Fehlergränze gab. Um diefs wohl zu begreifen, sey angenommen, man wolle irgend eine Angabe unserer Tafel der Wärmedurchgänge prüfen, z. B. die, dafs Platten von Alaun, Zucker, oder Eis von den Strahlen

1) Siehe S. 133 dieses Bandes.

des bis 390° erhitzten Kupfers gar nichts oder weniger als $\frac{1}{200}$ von der einfallenden Menge durchlassen.

Die Tafel zeigt uns, daſs von diesen Strahlen eine Glas-, Bergkrystall- oder Kalkspathplatte fünf bis sechs Hundertel durchläſst, d. h. daſs man von 30° freier Strahlung ungefähr 2° hinter der Platte bekommt. Ueberdieſs wissen wir, daſs bei dieser geringen Abweichung ein Fehler von $\frac{1}{60}$ der gesammten Wärmemenge möglich ist. Streng genommen, wäre die Fehlerquelle sogar $\frac{1}{70,6}$, denn man kann aus der *Intensitäten-Tafel* ersehen, daſs bei Ablenkungen kleiner als 20°, ein Grad das Aequivalent ist von $\frac{1}{35,3}$ der Kraft, welche die Nadel 30° forttreibt. Nehmen wir aber bloſs die erste Gränze von $\frac{1}{60}$, was den Vortheil hat, die Werthe unabhängig zu machen von der Kenntniſs der Verhältnisse, die zwischen den Galvanometergraden und den entsprechenden Ablenkungskräften bestehen. Nähern wir die Wärmequelle, um durch eine und dieselbe Glasplatte eine stärkere Ablenkung als 2°, z. B. eine von 8°, zu erhalten; so wird die einfallende Wärmemenge vier Mal gröſser [1]), und die

1) Diese Art, die Stärke einer Wärmestrahlung auszumitteln, giebt einen recht einfachen Weg an die Hand, die Verhältnisse zwischen den von der Magnetnadel des Galvanometers durchwanderten Bogen und den entsprechenden Kräften zu bestimmen. Denn gesetzt die Wärmequelle sey hinreichend von der Säule entfernt worden, um am Galvanometer eine schwache Ablenkung, z. B. eine von 10°, zu bewirken, und man bringe nun in die Bahn der Wärmestrahlen ein Blättchen, welches einen gewissen Bruchwerth von der einfallenden Wärmemenge durchläſst, z. B. $\frac{1}{5}$, und der Zeiger des Galvanometers gehe dadurch auf 2°. Nähert man nun die Wärmequelle, so wird die quer durch die Lamelle erzeugte Ablenkung ebenfalls wachsen. Man halte successiv damit ein, wenn die Ablenkung 4°, 6°, 8° u. s. w. geworden ist; die Wärmequelle wird dann das Doppelte, Dreifache, Vierfache der anfänglichen Wärmemenge auf die Säule senden; denn was eine und dieselbe Lamelle, die einer unveränderlichen Quelle ausgesetzt ist, durchläſst, geschicht immer in einem constanten Verhältniſs, und die Ablenkungskräfte sind den nahe beim

Digitized by Google

Wahrscheinlichkeit eines Irrthums vier Mal kleiner seyn. Ersetzen wir nun die Glasplatte durch eine Alaun-, Zukker- oder Eisplatte, so wird man finden, dafs die Galvanometernadel vollkommen in Ruhe bleibt. Wenn also auch Wärme durchgeht, beträgt sie doch nicht $\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{60}$ $= \frac{1}{240}$ der gesammten Strahlung. Folglich kann man mit Wahrheit sagen, dafs diese drei Substanzen, als $2^{mm},6$ dicke Plättchen genommen, von der strahlenden Wärme eines bis 390° C. erhitzten Körpers gar nichts oder weniger als $\frac{1}{200}$ der einfallenden Menge durchlassen.

Durch dergleichen Verfahrungsarten habe ich mich von dem Werthe der *Gränzen* versichert, welche die Nullen der Wärmedurchgänge vorstellen.

Jetzt, da wir den Genauigkeitsgrad der in unserer Tafel erhaltenen Messungen kennen, können wir zur Darlegung der Folgerungen übergehen, die sich aus ihnen ableiten lassen.

Lassen wir für einen Augenblick die mit dem Steinsalz erhaltenen Resultate bei Seite. Die Ordnung der Durchgänge hat, wie schon gesagt, keine Beziehung zum

Nullpunkt liegenden Graden proportional. Nehmen wir die Kraft, welche die Nadel durch den ersten Grad der Skale treibt, zur Einheit, so hat man 10 für die erste Kraft oder einfallende Wärmemenge, 20 für die zweite, 30 für die dritte, 40 für die vierte u. s. w. Nun entspricht die erste Kraft, wie wir wissen, 10°. Um also die durch die Kraft 20 erzeugte Ablenkung zu bestimmen, braucht man nur die Lamelle fortzunehmen, wenn das Galvanometer 4° zeigt; die Wärmestrahlen fallen dann unmittelbar auf die Säule, der Ablenkungswinkel wächst, und wenn die Proportionalität zwischen den Graden und Kräften in der ganzen Erstreckung der ersten zwanzig Grade bestehen bleibt, so wird man den Zeiger auf 20° stehen bleiben sehen; jedenfalls wird man die entsprechende Angabe haben. Wiederholt man dasselbe Verfahren, wenn das Galvanometer 6°, 8° zeigt, so erhält man die gesuchten Gröfsen, d. h. die den Kräften 20, 30, 40 u. s. w. entsprechenden Grade. So kann man die in den *Intensitätstafeln* enthaltenen Resultate prüfen, oder die zur Entwerfung neuer Tafeln erforderlichen Elemente bestimmen.

Grade der Durchsichtigkeit; sie bleibt indefs nicht streng dieselbe, wenn man mit der Wärmequelle wechselt; allein jede Substanz, die successiv den vier Strahlungen ausgesetzt wurde, bietet für die Mengen, die sie von jeder derselben durchläfst, eine ähnliche Abstufung dar, d. h. alle diese Substanzen lassen desto geringere Wärmemengen durch, je weniger hoch die Temperatur der strahlenden Quelle ist. Es giebt mehre Fälle, wo die Durchgänge Null sind; allein diese Fälle bilden keine Ausnahme, denn auf diese Nullwerthe folgen niemals wahrnehmbare Durchgänge.

Derselbe Satz gilt für alle Flüssigkeiten, welche ich habe dem Versuch unterwerfen können. Man wird sich erinnern, dafs die Wärmestrahlen, ehe sie zur vordersten Schicht der Flüssigkeit gelangen, eine Glasplatte durchdringen müssen. Nun wird das Glas immer auffangender in dem Maafse als man Wärmequellen von einer weniger hohen Temperatur anwendet; es übt also auf die Wärmestrahlen den nämlichen Effect aus, welchen ein Schirm von veränderlicher Durchsichtigkeit beim Licht hervorbringen würde. Das Verfahren, welches ich bei meiner ersten Arbeit angewandt, konnte also nicht zur genauen Bestimmung der Wärmedurchlässe dieser Flüssigkeiten dienen, wenn mit der Wärmequelle eine Veränderung vorgenommen wurde; allein es war wenigstens möglich mittelst seiner das allgemeine Gesetz der Abnahme, welches wir für starre Körper gefunden, in den meisten Fällen zu constatiren.

Denn gesetzt eine dicke Glasscheibe werde der successiven Einwirkung einer gleichen Wärmemenge von unsern vier Quellen unterworfen, und gäbe dabei die Durchlässe:

30 18 2 0.

Nun sey das Glas hohl, parallelepipedisch gestaltet, mit seinen Flächen parallel der Scheibe, und sein Inneres sey mit der gegebenen Flüssigkeit gefüllt. Wenn

Digitized by Google

nun die Durchlässe sämmtlich kleiner als die vorherigen werden, z. B. zu:

20   8   1   0,

so wird man sogleich daraus schliefsen, dafs die Flüssigkeit auf die Wärmestrahlen verschiedenen Ursprungs eben so wirke als ihre Hülle, d. h. dafs sie eine ähnliche Abstufungsfolge darbietet als das Glas und die starren Körper überhaupt. Und gerade diefs Resultat haben mir die in Glasgefäfsen eingeschlossenen Flüssigkeiten geliefert [1]).

1) Bei mehren Gelegenheiten habe ich durchaus keinen Durchgang beobachten können, selbst als eine sehr starke Strahlung angewandt wurde. So fängt das Wasser, welches von den Strahlen der Locatellischen Lampe sechs bis sieben Hundertel durchläfst, die Wärme der drei letzten Quellen vollständig auf. Die Fehlergränze für den der Auffangung ungünstigsten Fall berechnend, fand ich sie $\frac{1}{618}$. Die Wärmequelle war damals der Flüssigkeit sehr nahe, und eine eben so dicke Oelschicht lenkte den Galvanometerzeiger um mehre Grade ab. Wenn also das Wasser die strahlende Wärme der bis zum Glühen erhitzten oder auf niedere Temperaturen gebrachten Körper durchläfst, so mufs der durchgelassene Theil geringer als $\frac{1}{618}$ der einfallenden Menge seyn. Ich spreche hier von einer 3 bis 4 Millimeter dicken Schicht, denn es ist möglich und selbst sehr wahrscheinlich, dafs dünnere Schichten ein wenig von diesen Strahlen durchlassen. So habe ich ein $0^{mm},07$ dickes Glas 0,12 der Strahlen des siedenden Wassers durchlassen sehen, während eine Tafel von blofs einem Millimeter Dicke sie vollständig auffing. Allein um verschiedene Transparenzen zu vergleichen, mufs man die Mittel von einer gewissen Dicke anwenden (denn die undurchsichtigsten Substanzen werden durchsichtig, wenn man sie hinreichend dünn macht); eben so mufs man, um das Verhältnifs des Wärmedurchlasses verschiedener Körper zu beurtheilen, wo möglich die Anwendung äufserst dünner Lamellen vermeiden, oder, wenn man in besonderen Fällen gezwungen ist sich derselben zu bedienen, müssen die zu vergleichenden Substanzen genau von gleicher Dicke seyn, denn bei dieser Dünnheit könnte der geringste Dickenunterschied die Ordnung der Durchdringbarkeit stören, und verursachen, dafs man Substanzen eine gröfsere Wärme-

Digitized by Google

Unter achtundzwanzig Fällen gab es nur drei Ausnahmen, beim Schwefelkohlenstoff, Chlorschwefel und Phosphorchlorür, bei denen nämlich der Durchlafs bei Ersetzung des Glases durch eine dieser Flüssigkeiten sich nicht änderte [1]). Es war mir dahera nfangs unmöglich zu entscheiden, ob sich diese drei Körper nach Art der übrigen verhalten, denn selbst wenn sie auf umgekehrte Weise gewirkt hätten, würde man, vorausgesetzt ihr kleinster Durchlafs wäre gleich 30, das nämliche Resultat erhalten haben. Aller Wahrscheinlichkeit nach sind indefs diese drei Anomalien nur scheinbar, denn der Schwefelkohlenstoff, Chlorschwefel und Phosphorchlorür werden von der strahlenden Wärme sehr leicht durchdrungen, und wenn man also diese drei Flüssigkeiten in ein Glasgefäfs einschliefst, geschieht dasselbe, wie wenn man sie durch recht reinen Flufsspath ersetzte. Die Transmissionen des Systems behalten ihre eignen Werthe 30,18, 2,0, wiewohl der Flufsspath für sich dem allgemeinen Gesetze unterworfen ist.

Mithin wird die strahlende Wärme verschiedenartiger Quellen beim Durchgange durch klare, starre oder flüssige Körper in mehr oder weniger grofsen Verhältnissen absorbirt; allein bei einem und demselben Körper wächst die Absorption beständig, so wie die Temperatur der Wärmequelle abnimmt.

Ganz anders verhält es sich mit den Lichtstrahlen. Sieht man nämlich durch eine Glasplatte nach einer sehr hellen Lichtflamme oder nach irgend einer phosphorescirenden Substanz, und die Platte ist recht rein, so hat ihre Dazwischenkunft keine merkliche Wirkung; die Bilder behalten in Bezug auf ihre Helligkeit dasselbe Verhält-

transparenz zuschreibt als sie besitzen. Wahrscheinlich ist diefs die Ursache des Irrthums, dafs einige Physiker aus ihren Versuchen glaubten schliefsen zu dürfen, das Wasser sey diathermaner als das Glas.

1) S. 291 Z. 2 v. u. mufs es nämlich offenbar beim Spiegelglase heifsen 63 statt 53; dieser Fehler findet sich auch im Original. *P.*

hältnifs, welches sie haben, wenn man sie geradezu betrachtet. Der blasse phosphorische Schein erleidet also im Innern des Glasschirms eine gleiche Absorption wie das starke Licht der Flamme.

Die Körper, mit denen ich experimentirt habe, sind ohne Unterschied aus den drei Naturreichen genommen; es befinden sich darunter krystallisirte und derbe, starre und flüssige, natürliche und künstliche; und doch wirken sie alle in ähnlicher Ordnung auf die Strahlen verschiedener Wärmequellen. Diese Beständigkeit in der Wirkungsweise bei so grofsen Verschiedenheiten in physikalischer und chemischer Hinsicht deutet wohl darauf hin, dafs das Abstufungsgesetz von der Natur der Wärme herrühre.

Man darf jedoch daraus nicht schliefsen, dafs es nicht auch Körper gebe, die allen Wärmestrahlen einen gleich freien Durchgang gestatten. Und wirklich sieht man aus der Tafel, dafs eine Platte Steinsalz von 2 Millimeter Dicke immer 92 Strahlen von 100 durchläfst, sie mag der Strahlung einer Flamme, des glühenden Platins, des bis 390° erhitzten Kupfers oder des siedenden Wassers ausgesetzt seyn.

Dieselbe Constanz in der Transmission beobachtet man auch, wenn man mit Wärmequellen von noch niederer Temperatur als die des siedenden Wassers experimentirt, z. B. mit Gefäfsen voll Flüssigkeiten von 45° bis 50° C. Es bestätigt sich auch noch bei Steinsalzstücken von 15 bis 20 Millimeter Dicke. Ich habe alle Steinsalzstücke, die ich mir verschaffen konnte, neben einander gelegt; sie bildeten zusammen eine Dicke von 86 Millimetern. Die Wärmemenge, welche von dieser Reihe von Platten durchgelassen ward, war wegen der vielen Reflexionen weit kleiner als 0,92; allein sie war für alle vier Wärmequellen immer dieselbe. Innerhalb dieser Dickengränze *verhält sich also das Steinsalz wirklich gegen die strahlende Wärme wie sich Glas und*

klare farblose Substanzen überhaupt gegen die Lichtstrahlen verhalten.

Diefs gesetzt, ist klar, dafs wenn eine jede der in der Tafel enthaltenen Substanzen wie das zweite Stück Steinsalz wirkte, d. h. wenn sie die Wärme in einem Verhältnifs geringer als 0,92, aber gleich für jede Art von Strahlung, durchliefse, — dann alle diese Substanzen das für die strahlende Wärme seyn würden, was die klaren mehr oder weniger dunkeln (*rembrunis*) Körper für die Lichtstrahlen sind. Allein sie lassen die Strahlen gewisser Wärmequellen durch, und fangen die von andern auf; *sie wirken also auf die Wärme wie die farbigen Mittel auf das Licht* [1]).

1) Wie es scheint ist Brewster blofs durch die Versuche von Delaroche über den Wärmedurchgang durch Glas und die von Seebeck über die Wärmevertheilung in den Spectris verschiedener Prismen neuerlich zu demselben Schlufs gelangt (Siehe: *Report of the first and second meetings of the British association for the advancement of science. London* 1833, *p.* 294.). Allein diese Versuche haben nicht bewiesen, dafs die Wärmestrahlen beim Durchgang durch die Körper darin *eine wirkliche innere Absorption analog der des Lichts erleiden;* vor Allem haben sie bei weitem nicht bewiesen, dafs diese, mit der Temperatur der Wärmequelle für jede Substanz verschiedene Absorptionskraft in besonderen Fällen *constant und der Wirkung klarer farbloser Substanzen auf das Licht ganz ähnlich werden könne.* Hienach kann man sagen, dafs der Schlufs des Hrn. Brewster noch zu voreilig war; auch stützte der berühmte Physiker Edinburgs seine Conjectur auf eine irrige Voraussetzung, auf die nämlich, dafs das Wasser auf alle Arten von Wärmestrahlen eine gleiche Absorptionskraft ausübe. Die Erfahrung führt aber zu einer entgegengesetzten Folgerung. Für die Sonnenwärme gaben wir bereits davon einen Beweis in der verschiedenen Wirkung einer Wasserschicht auf die in den Zonen des Sonnenspectrums vertheilten Temperaturen, eine Wirkung die von Strahl zu Strahl so verschieden ist, dafs die Wärme des rothen Lichts die Flüssigkeit ohne merkliche Schwächung vollständig durchdringt, während die dunkle Wärme der isothermen Zone des Violetts gänzlich absorbirt wird (*Ann. de chim. et de phys. Décemb.* 1831. — Diese Ann. Bd. XXIV S. 640); und in der

Digitized by Google

Was geschieht denn nun, wenn man ein und dasselbe Glas nach einander verschiedenfarbigen Lichtern aussetzt? — Die Lichter von gleicher Farbe mit dem Glase werden durchgehen, die übrigen fast ganz aufgefangen werden.

Diese Analogien führen uns darauf, die Strahlungen verschiedener Wärmequellen für nicht identischer Natur zu halten, und diefs scheint schon durch die Thatsache, dafs der Wärmedurchlafs des Glases, des Kalkspaths und jedes anderen diathermanen Körpers mit der Temperatur des strahlenden Körpers veränderlich ist, auch hinreichend erwiesen.

So sind kochendes Wasser, Kupfer von 390°, glühendes Platin und die Oelflamme für uns *mehr oder weniger farbige* Wärmequellen, d. h. Wärmequellen, von denen jede eine gröfsere Menge Wärmestrahlen von gewisser Beschaffenheit liefert. Die Flamme aber liefert Strahlen jeder Art, wie sie Licht von allen Farben giebt.

Die Körper zerfallen in *diathermane* und *athermane* [1]), und die diathermanen wiederum in *universelle* und *partielle*. Die erste dieser Gattungen ist den farblosen Mitteln analog, und besteht aus einer einzigen Substanz, dem Steinsalz; die zweite, welche den farbigen Mitteln entspricht, schliefst alle in unserer Tafel enthal-

vorherigen Anmerkung haben wir gesehen, dafs ähnliche Erscheinungen sich auch bei den Strahlungen irdischer Wärmequellen einstellen, denn eine Wassermasse von einigen Millimetern Dicke läfst von der strahlenden Wärme entflammter Körper nur einen sehr geringen Antheil frei hindurch, und Wärmestrahlen jeden anderen Ursprungs fängt sie ganz auf.

1) *Atherman* bezeichnet, im Gegensatz zu *diatherman*, einen für die Wärme opaken Körper. Ich wähle diese Benennung blofs der Leichtigkeit des Ausdrucks wegen, ohne eine absolute Meinung damit zu verknüpfen; denn so wie es keinen Körper giebt, der bei hinreichender Dünnheit nicht etwas durchscheinend ist, so glaube ich auch, dafs jede Substanz bei hinlänglicher Dünnheit einige Wärmestrahlen durchläfst.

Digitized by Google

tenen Körper ein, dann die Flüssigkeiten und die diaphanen Körper überhaupt.

Was die Klasse der athermanen Körper betrifft, so glaubte ich anfangs, eine jede Substanz, die das Licht vollständig auffängt, wirke auch so auf die strahlende Wärme. Und in der That bestätigte sich diefs auch in den meisten Fällen; allein spätere Erfahrungen haben mir bewiesen, dafs Platten von schwarzem Glimmer und schwarzem Glase, die das intensivste Sonnenlicht vollständig auffingen, doch die Wärme in sehr beträchtlichem Grade durchliefsen. Hier die Resultate:

	Es gingen durch v. 100 Wärmestrahlen			
	d. Locatelli-schen Lampe.	des glühenden Platins.	des bis 390° erhitzten Kupfers.	des bis 100° erhitzten Kupfers.
Schwarzes Glas, dick 1mm,0	26	25	12	0
- - - 2 ,0	16	15,5	8	0
Schwarz. Glimm., - 0 ,6	29	28	13	0
- - - 0 ,9	20	20	9	0

Schwarzer Glimmer und *schwarzes Glas, wiewohl beide vollkommen undurchsichtig, sind also diatherman*, allein nur *partiell diatherman*, weil sie gewisse Wärmestrahlen durchlassen und andere auffangen.

Bemerken wir überdiefs, dafs diese beiden Substanzen beinahe gleiche Mengen von der Wärme des glühenden Platins und der Oelflamme durchlassen. Bei meinen ersten Versuchen über den Durchlafs opaker Körper hatte ich gefunden, dafs die Strahlen des glühenden Platins durch eine schwarze Glasplatte in gröfserem Verhältnifs gehen als die einer Argand'schen Lampe; und da nun gerade das Entgegengesetzte bei den durchsichtigen Gläsern und andern diathermanen Körpern stattfindet, so glaubte ich anfangs, dafs bei dem schwarzen Glase die Variation in der Menge der durchgelassenen

Digitized by Google

Wärme im umgekehrten Verhältnifs zur Temperatur der strahlenden Quelle geschehe [1]). Allein bald gewahrte ich meinen Irrthum, denn als ich zwei Glasplatten, die eine farblos und die andere schwarz und undurchsichtig, anfangs den unmittelbaren Strahlen der Locatellischen Lampe aussetzte, hierauf aber den Strahlen, die durch einen gewöhnlichen Glasschirm gegangen waren, fand ich, dafs wenn der Durchlafs der ersten Lamelle, wie ich schon in der ersten Abhandlung bemerkt habe, zunahm, der der zweiten abnahm. Die entgegengesetzten Variationen in den Werthen der Durchgänge durch schwarzes und weifses Glas, rücksichtlich der verglichenen Strahlungen des glühenden Platins und der Argand'schen Lampe rührten also nicht von einer eigenthümlichen Wirkung der Wärmequellen auf die beiden Körper her, sondern von einer besonderen Abänderung, welche der cylindrische Glasschirm (die Zugröhre) der Argand'schen Lampe den ihn durchdringenden Wärmestrahlen einprägt, eine Abänderung, wodurch diese Strahlen fähig werden, mehr als in ihrem natürlichen Zustande die Körper zu durchdringen.

Wir werden bald sehen, dafs fast alle Schirme analoge Wirkungen hervorbringen.

Die Aehnlichkeit zwischen der Wirkung des Glases und der durchsichtigen Körper überhaupt auf die strahlende Wärme und der Wirkung farbiger Mittel auf das Licht wird von allen, von mir beobachteten Transmissionsphänomenen bestätigt, bis in's kleinste Detail.

In der That haben wir gesehen, dafs die Wärmestrahlen, welche die Flamme einer Argand'schen Lampe aussendet, beim Eindringen in ein dickes Stück farblosen Glases beträchtlich an Stärke verlieren, und darauf, in dem Maafse als sie sich weiter von der Eintrittsfläche entfernen, abnehmende Verluste erleiden. Dasselbe geschieht nun auch, wenn man einen durchsichtigen

1) *Bulletin de la Société philomatique, Juillet* 1833.

Digitized by Google

gefärbten Körper, z. B. eine rothe Flüssigkeit, dem weifsen Lichte aussetzt, denn dabei werden fast alle blauen, grünen, gelben u. s. w. Strahlen, welche zur Zusammensetzung dieses Lichts gehören, mehr oder weniger rasch von den vorderen Schichten der Flüssigkeit absorbirt, und blofs die rothen Strahlen gelangen bis zu einer gewissen Tiefe.

Durch die Versuche von Delaroche und anderen Physikern weifs man auch, dafs die strahlende Wärme, welche eine Glasplatte durchdrungen und dabei einen gewissen Verlust erlitten hat, beim Durchgang durch eine zweite Lamelle einen verhältnifsmäfsig geringeren Verlust erleidet. Eben so wird das weifse Licht, welches auf eine Platte farbiger Substanz einfällt, beim Durchgang durch dieselbe bedeutend geschwächt; allein das farbige Licht, welches austritt, durchdringt eine zweite Platte derselben Substanz fast ohne eine Intensitäts-Verringerung.

Wenn eine gegebene Platte von einem durchsichtigen Körper nach einander gleichen Mengen Wärmestrahlen verschiedenen Ursprungs ausgesetzt wird, so sehen wir, dafs ihr Wärmedurchlafs mit der Temperatur der Quelle, d. h. mit der Natur der von dieser ausgesandten Strahlen verschieden ist, und überdiefs, dafs die Unterschiede von einem Durchlafs zum andern in dem Maafse abnehmen je dünner die Platten sind, so dafs sie bei einer gewissen Dicke derselben beinahe Null werden oder streben es zu werden. Alle diese Erscheinungen finden sich wiederum beim verschiedenfarbigen Lichte, das von farbigen Mitteln durchgelassen wird; ist das Mittel z. B. roth, so gehen desto gröfsere Lichtmengen durch, je gröfser das Verhältnifs der rothen Strahlen in diesem Lichte ist; die übrigen werden mehr oder weniger absorbirt. Allein die durchgelassenen Lichtmengen nähern sich desto mehr der Gleichheit als die durchdrungene Dicke geringer ist. In der That werden die farbigen Mttel desto

Digitized by Google

blasser je dünner sie sind, und bei hinreichender Dünnheit behalten sie fast gar keine Farbe, d. h. lassen alle Arten von Lichtstrahlen ohne Unterschied durch.

Endlich haben wir mehrmals in den Wärmedurchlässen durchsichtiger Substanzen grofse Unterschiede bemerkt. Allein diese sonderbare Thatsache, die gleichsam die Grundlage unserer Untersuchung ausmacht, hat nichts Erstaunliches mehr, sobald man gezwungen ist, in den klaren farblosen Körpern eine Wirkung auf die Wärme anzunehmen, die der der farbigen Mittel auf das Licht analog ist; denn wie die Intensität der Farbe den Grad der Transparenz, d. h. die Anzahl der durch farbige Substanzen gehenden Lichtstrahlen entscheidet, eben so bestimmt diese Art von *unsichtbarer Wärmefarbe* (*teinte calorifique invisible*) der durchsichtigen Körper die mehr oder weniger beträchtliche Menge der durchgelassenen Wärme [1]).

1) Da alle in der Tafel enthaltenen Substanzen, das Steinsalz ausgenommen, auf die strahlende Wärme der verschiedenen Quellen in einer ähnlichen Stufenfolge wirken, so könnte man auf deñ ersten Blick daraus schliefsen, dafs sie *einer und derselben* Gattung partiell diathermaner Substanzen angehörten, d. h. dafs sie sich mit den farbigen Mitteln von einer gleichen Farbe vergleichen liefsen. Dieser Schlufs ist aber nicht erlaubt. Ein Beispiel reicht hin es zu erweisen. Es sey *a* die Strahlengattung, welche das Mittel *A* durchläfst, *b* die vom Mittel *B* durchgelassenen, und *c* die gemeinschaftlich von *A* und *B* aufgefangenen Strahlen. Gesetzt nun, eine Wärmequelle gebe auf 100 Wärmestrahlen 30*a*, 30*b* und 40*c*, so ist klar, dafs beide Mittel, *A* und *B*, 70 Theile Wärme auffangen und 30 durchlassen werden. Indefs werden die zu *A* heraustretenden Strahlen verschieden seyn von denen, die *B* durchläfst. Denken wir uns nun eine zweite Wärmequelle, die 20*a*, 20*b* und 60*c* giebt, so hat man in dem einen und dem andern Fall 80 für die aufgefangenen und 20 für die durchgelassene Menge. Der Durchlafs würde 10, und der Auffang 90 seyn, wenn die Wärmequelle 10*a*, 10*b* und 80*c* gäbe. Mithin können zwei Substanzen, die verschiedenen Strahlungen ausgesetzt sind, Wärmedurchlässe geben, die nicht blofs nach derselben Degradationsordnung variabel, sondern auch in ihren ganzen Va-

Wir werden bald noch auffallendere Analogien zwischen den beiden Phänomenen kennen lernen, wenn wir die Modificationen studiren, welche die Wärmestrahlen bei ihrem Durchgang von einem Schirm zum andern erleiden. Allein ehe wir den vorliegenden Gegenstand verlassen, wollen wir einige Augenblicke bei den Anwendungen stehen bleiben, die man von den Wärme-Eigenschaften des Steinsalzes machen kann.

Das Glas ist eine sehr wenig diathermane Substanz, vor Allem, wenn es sich um Wärmequellen von niederer Temperatur handelt. Man kann daher keine gewöhnlichen Linsen und Prismen anwenden, um zu ermitteln, ob die strahlende Wärme in ihrer *Richtung* ähnliche Veränderungen erleide als das Licht, wenn es durch refrangirende Mittel geht. Auch haben die Physiker, die sich mit diesem Gegenstand beschäftigen, sehr unbedeutende Resultate erhalten und oft daraus falsche Schlüsse gezogen. Scheele versichert »dafs man mittelst Brenngläser wohl helle Punkte vor einem Feuer hervorbringen könne, dafs diese aber nicht die mindeste Wärme besitzen [1]).« Sorgfältige Versuche haben späterhin gelehrt, dafs ein Thermometer um einige Grade steigt, wenn man es in den Brennpunkt einer Linse stellt, die der Strahlung von Flammen oder glühenden Körpern ausgesetzt ist [2]). Allein da dann die Wärme leuchtend ist, und man andererseits keine recht entschiedene Wirkung beobachtet, wenn man mit dunkler Wärme operirt, so hat man daraus geschlossen, die Temperatur-Erhöhung rühre von dem vom Thermometer absorbirten Lichte her,

riationsgraden gleich sind, während die aus beiden Substanzen ausfahrenden Strahlen von verschiedener Natur seyn können.

1) Scheele, *Traité de l'air et du feu. Paris* 1778. §. 56. (Scheele's Werke, Bd. I S. 125.)

1) W. Herschel und Brande, *Philosoph. Transact. Ann.* 1800 *et* 1820.

Digitized by Google

und die strahlende Wärme für sich sey keiner Refraction fähig. Man würde noch mehr in dieser Meinung bestärkt seyn, wenn man gesehen hätte, dafs Bergkrystall, Kalkspath, Alaun und andere durchsichtige Körper sich, als Linsen, auf ähnliche Weise wie das Glas verhalten, und dennoch würde man mit Unrecht das der Wärme zuschreiben, was nur von der besonderen Structur aller dieser Substanzen herrührt. Um sich davon zu überzeugen, braucht man nur mit einer Linse von Steinsalz zu operiren; denn dann zeigt das Thermometer im Brennpunkt immer eine beträchtliche Temperatur-Erhöhung, selbst wenn die strahlende Wärme gänzlich vom Licht getrennt ist. Allein man hat die Wirkung der Linsen durch eine ungleiche Erwärmung ihrer verschiedenen Theile erklären wollen. Man hat gesagt, die Wärme häufe sich gegen das Centrum an, der Rand erkalte schnell wegen seiner geringen Dicke, und es sey darnach nicht wunderbar das Thermometer rascher steigen zu sehen, wenn es sich in der Verlängerung der Axe der Linse befinde, als in irgend einer anderen Richtung [1]). Nach dieser Hypothese bliebe es jedoch immer noch zu erklären, warum der Versuch nicht mehr gelingt, wenn man Alaun oder irgend eine andere durchsichtige Substanz statt des Steinsalzes nimmt. Da man sich aber hiebei noch auf vorausgesetzte Unterschiede zwischen den Leitungsfähigkeiten dieser Körper oder zwischen ihrem Absorptions- und Emissions-Vermögen stützen könnte, so zog ich es vor, zuvörderst die Brechung der dunkeln Wärmestrahlen ohne den Gebrauch von Linsen zu erweisen.

Zu dem Ende stellte ich in einer gewissen Entfernung von der thermo-elektrischen Säule und aufserhalb der Richtung ihrer Axe, die durch eine Weingeistlampe bis 390° C. erhitzte Kupferplatte oder besser noch das mit siedendem Wasser gefüllte Gefäfs auf. Da die Säule sich auf dem Boden einer inwendig geschwärzten Metallröhre befindet,

1) *Philosoph. Transact. Vol.* 106.

Digitized by Google

so konnten die vom Gefäfs in einer gegen die Axe schiefen Richtung ausgesandten dunkeln Wärmestrahlen nicht mehr den thermoskopischen Körper erreichen, und der Zeiger des Galvanometers blieb daher vollkommen unbewegt. Bei diesem Zustand der Dinge nahm ich ein Prisma von Steinsalz, befestigte es an den Eingang des Rohrs, mit seiner Axe vertical stehend und den brechenden Winkel nach Seite des Winkels gekehrt, den die von der Wärmequelle nach dem Ende des Rohres gezogene Linie bildete (Taf. III Fig. 2). Sogleich zeigte sich am Galvanometer eine starke Ablenkung. Die Wärmestrahlen traten also durch Wirkung des Prismas in das Rohr.

Um zu zeigen, dafs die Wirkung in der That von der Brechung und nicht von der Erhitzung des Salzes abhing, brauchte man nur den brechenden Winkel nach der entgegengesetzten Richtung zu drehen; denn alsdann fiel die Nadel, ungeachtet der Gegenwart des Prismas, sogleich auf Null.

Eben so gut gelang der Versuch mit der Wärme einer Lampe oder des glühenden Platins. *Die Wärmestrahlen jeglichen Ursprungs sind also brechbar wie die Lichtstrahlen.*

Der Analogie nach müfste eine jede Wärmegattung wie jede Lichtgattung eine eigene Brechbarkeit besitzen, so dafs, wenn man das Prisma an seinem Orte liefse und die Wärmequelle wechselte, man zugleich gezwungen seyn würde, den Winkel, welchen die Axe der Säule mit der Richtung der Strahlen macht, abzuändern, um die gesuchte Wirkung auf das Galvanometer zu erhalten. Indefs, wenn man eine solche Muthmafsung auf die Probe stellt, gelangt man zu keinem entscheidenden Resultate. Diefs begreift sich leicht, wenn man erwägt, dafs die Oeffnung des Rohrs einen gewissen Durchmesser hat und dafs sie dem Prisma ganz nahe ist, deshalb also die gebrochenen Strahlen unter wenig verschiedenen Winkeln immer zu der Säule gelangen können, ohne dafs es nö-

Digitized by Google

thig ist der Axe des Rohrs eine mehr oder weniger grofse Neigung zu geben.

Hier eine andere Vorrichtung, mittelst welcher man, wenn auch nicht die Brechbarkeit jeder Gattung Wärmestrahlen genau messen, doch wenigstens beweisen kann, dafs der Brechungswinkel nach der Natur der strahlenden Wärme verschieden ist.

Ich nahm einen getheilten Kreisbogen *ABC* (Taf. III Fig. 3) von 22 Zoll im Durchmesser, versehen mit einem Lineal *CD* als beweglichen Radius, auf dessen Ende eine thermo-elektrische Säule *M* von 15 Plattenpaaren, die in einer und derselben Linie senkrecht auf der Ebene des Kreises standen, befestigt war.

Nachdem dieser Apparat horizontal auf einen Tisch hingelegt ist, bringt man den Mittelpunkt desselben *C* in einen kleinen Abstand unterhalb des verticalen Steinsalz-Prismas *N*, so dafs, wenn das Lineal *CD* in zweckmäfsige Stellung gebracht ist, der Bündel gebrochener Wärme auf alle Punkte der linearen Säule fallen mufs.

Schliefst man die elektrische Säule mit dem Galvanometer und führt das Lineal auf dem graduirten Kreisbogen herum, so läfst sich leicht der Punkt bestimmen, wo der Galvanometerzeiger das Maximum seiner Ablenkung erreicht; dann verändert man die strahlende Quelle, läfst aber Alles Uebrige in seinem Zustand. Man erhält nun eine gröfsere oder geringere Ablenkung als zuvor; allein um das Maximum des Effects zu erhalten, ist man genöthigt, das Lineal in der einen oder andern Richtung zu verschieben. Als ich so z. B. den Versuch mit glühendem Platin begann, d. h. als ich für dieses die Stellung der Säule ausgemittelt hatte, welche die gröfste Ablenkung des Galvanometers gab, mufste ich das Lineal ungefähr zwei Linien nach *B* fortrücken, nach der Seite, wohin sich brechbarere Strahlen begeben würden, wenn ich statt dieser Wärmequelle eine Locatellische Lampe nahm; und ich war genöthigt, das Lineal um drei Linien

nach *A* zu rücken, im Sinne der weniger brechbaren Strahlen, wenn ich das glühende Platin durch die bis 390° erhitzte Kupferplatte ersetzte. Was die Wärme des siedenden Wassers betraf, so gab sie eine zu schwache Wirkung, um sie mit den übrigen Wärmequellen zu vergleichen.

Nachdem nun so die Refraction der Wärmestrahlen und ihre constante Transmission durch das Steinsalz hinlänglich erwiesen ist, sieht man gleich, welchen Vortheil man aus dieser Substanz für das Studium der strahlenden Wärme ziehen kann.

In der That, handelt es sich darum, die Wirkung eines heifsen Körpers von kleinen Dimensionen auf grofse Entfernungen fortzupflanzen, so befestige man ihn im Brennpunkt einer Linse aus Steinsalz, welche die Wärmestrahlen brechen und parallel der Axe austreten lassen wird (*en formant un vrai phare de chaleur*).

Will man aufserordentlich schwache Wärmestrahlen irgend einer Quelle merkbar machen, so fange man sie mit einer Steinsalzlinse auf, in deren Brennpunkt ein thermoskopischer Körper aufgestellt ist. Durch dieses Mittel kann man mit einen blofsen Differential-Thermometer mit kleinen Kugeln sehr merkliche Zeichen der Wärme erhalten, welche von einem sehr fernen Gefäfse mit heifsem Wasser ausgehen.

Kurz das Steinsalz, zu Linsen oder Prismen geformt, übt auf die Wärmestrahlen ganz ähnliche Wirkungen aus, wie sie die optischen Instrumente bei den Lichtstrahlen hervorbringen. Es bildet also für die strahlende Wärme ein *wahrhaftes Glas* (*véritable verre de la chaleur rayonnante*), das einzige, welches man anwenden darf, um Intensitäts-Effecte abzuschätzen. Alle übrigen durchsichtigen Körper sind nur partiell, unvollständig, diatherman, fangen nur gewisse Wärmestrahlen auf. Hienach begreift man, auf welchen Abweg alle die Physiker gerathen sind, welche die Zusammensetzung der Sonnenwärme

Digitized by Google

mit den gewöhnlichen Prismen von Flintglas, Kronglas, Wasser, Alkohol oder anderen durchsichtigen Körpern untersuchen wollten. Es war durchaus eben so, wie wenn man sich vorgenommen hätte, das Sonnenlicht mittelst eines Prismas aus farbigem Glase zu zerlegen.

(Schlufs im nächsten Heft.)

II. *Neunte Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektricität; von Hrn. M. Faraday.*

(**Uebersandt vom Hrn. Verfasser in einem besonderen Abzug aus den *Philosoph. Transact. f.* 1835, *pt. II.***)

---

§. 15. Ueber den Vertheilungseinflufs eines elektrischen Stroms auf sich selbst und den elektrischer Ströme überhaupt.

1048) Die nachstehenden Untersuchungen betreffen eine sehr merkwürdige Vertheilungswirkung elektrischer Ströme oder verschiedener Theile eines und desselben Stroms, und deuten auf einen innigen Zusammenhang dieser Wirkung mit dem Durchgang der Elektricität durch leitende Körper, selbst mit dem Ueberspringen von Funken.

1049) Die Untersuchung ging hervor aus einer mir von Hrn. Jenkin mitgetheilten Thatsache, die folgende ist. Gebraucht man einen kurzen Draht zur Verknüpfung der beiden Platten einer einfachen voltaschen Kette, so erhält man, wie man auch verfahren mag, aus diesem Draht keinen elektrischen Schlag; wendet man aber den um einen Elektromagneten geschlungenen Draht an, so fühlt man bei jedesmaliger Oeffnung der Kette einen Schlag, sobald man dabei die Enden des Drahts mit beiden Händen anfafst.

Digitized by Google

1050) Zugleich beobachtet man auch, was den Physikern längst bekannt ist, an der Trennungsstelle einen hellen Funken.

1051) Einen kurzen Abriss von diesen Resultaten, nebst einigen dazu gehörigen, bei Anwendung langer Drähte beobachteten Erscheinungen habe ich in den *Philosophical Magazine* für 1834 bekannt gemacht [1]), mit Hinzufügung einiger Betrachtungen über deren Ursprung. Fernere Untersuchungen haben mich die Unrichtigkeit meiner ersten Ansichten einsehen lassen, und mich zuletzt dahin geführt, diese Erscheinungen für identisch zu halten mit den Inductionsphänomenen, welche ich so glücklich war, in der ersten Reihe dieser Experimental-Untersuchungen zu entwickeln [2]). Ungeachtet dieser Identität glaube ich jedoch, dass die Erscheinungen durch die Allgemeinheit und Eigenthümlichkeit der Ansichten, zu welchen sie in Betreff der elektrischen Ströme führen, der Beachtung der K. Gesellschaft nicht unwürdig seyn werden.

1052) Der *Elektromotor* bestand aus einem (hohlen) Zinkcylinder, der zwischen die beiden Theile eines doppelten Kupfercylinders gesteckt war, und wie gewöhnlich durch Korkstücke an unmittelbarer Berührung desselben gehindert wurde; der Zinkcylinder war acht Zoll hoch und vier Zoll im Durchmesser. Er sowohl wie der Kupfercylinder war mit einem dicken Draht versehen, der ein Näpfchen mit Quecksilber trug, und in diesem Näpfchen wurde die Schliessung oder Oeffnung der Kette durch gerade oder schraubenförmige Drähte oder Elektromagnete vollzogen. Diese Näpfchen sollen im Laufe dieses Aufsatzes immer *G* und *E* heissen (1079).

1053) Es wurden einige *Schrauben* [3]) angefertigt,

1) Mitgetheilt in diesen Annalen, Bd. XXXIV S. 292.

2) Diese Annalen, Bd. XXV S. 91.

3) Kürze halber ist das Wort *Helix* hier meistens durch *Schraube* wieder gegeben. *P.*

Digitized by Google

die ich vorher nothwendig beschreiben mufs. Auf eine Papprõhre waren vier Kupferdrähte gewickelt, jeder war $\frac{1}{24}$ Zoll dick und bildete eine Schraube in gleicher Richtung von einem Ende zum andern. Die Windungen eines jeden Drahts waren unter sich durch eine Schnur getrennt, und die über einander liegenden Schrauben durch Kattun an gegenseitiger Berührung gehindert. Die Länge der diese Schrauben bildenden Drähte war 48, 49,5, 48 und 45 Fufs. Der erste und der dritte Draht wurden mit einander verbunden, so dafs sie eine einzige Schraube von 96 Fufs Länge ausmachten. Eben so wurden der zweite und vierte Draht zu einer einzigen, also 94,5 langen Schraube verbunden, welche sich dicht an die erste anschlofs. Diese Schrauben will ich durch die Zahlen I und II unterscheiden. Sie wurden sorgfältig mit einem kräftigen elektrischen Strom und einem Galvanometer untersucht, und dadurch fand sich, dafs sie keine Gemeinschaft mit einander hatten.

1054) Eine andere Schraube wurde auf einer ähnlichen Papprõhre vorgerichtet, und dazu zwei gleiche Kupferdrähte, jeder von 46 Fufs Länge, gebraucht. Diese Drähte wurden zu einer einzigen Schraube von 92 Fufs Länge vereint, welche beinahe so lang wie die vorher genannten war (*but was not in close inductive association with them*). Sie sey durch die Zahl III unterschieden.

1055) Eine vierte Schraube wurde aus sehr (0,2 Zoll) dicken Kupferdraht verfertigt; der Draht war, aufser den geradlinigen Stücken an den Enden, 79 Fufs lang.

1056) Der hauptsächlich angewandte *Elektromagnet* bestand aus einem cylindrischen Stabe von weichem Eisen, 25 Zoll lang und 1,75 Zoll dick, gebogen zu einem Ring, so dafs die Enden beinahe einander berührten, und umwickelt mit drei Lagen Kupferdraht, deren gleichliegende Enden zusammen verknüpft waren. Dann wurde

Digitized by Google

jedes dieser beiden Hauptenden an einen Kupferstab gelöthet, der als leitende Fortsetzung des Drahts diente. Mithin mufste sich jeder elektrische Strom, der durch einen der Kupferstäbe eintrat, in den den Ring umgebenden Schraubendrähten in drei Theile theilen, die indefs alle in gleicher Richtung fortliefen. Die drei Drähte waren daher zu betrachten als ein einziger Draht von dreifacher Dicke als der wirklich angewandte.

1057) Andere Elektromagnete liefsen sich nach Belieben darstellen durch Einschiebung eines weichen Eisenstabes in einen der (1053 etc.) beschriebenen Schraubendrähte.

1058) Das angewandte *Galvanometer* war von roher Construction, hatte nämlich nur eine Magnetnadel und war gar nicht sehr empfindlich.

1059) Die zu betrachtenden Wirkungen *hängen von dem Leiter ab*, der zur Verknüpfung der Zink- und Kupferplatte des Elektrometers angewandt wird. Diesen Leiter habe ich in vier verschiedenen Gestalten angewandt: als Schraubendraht eines Elektro-Magneten (1056), als einen gewöhnlichen Schraubendraht (1053 etc.), als einen *langen* ausgestreckten Draht, von solcher Gestalt, dafs seine Theile keinen Einflufs auf einander ausüben konnten, und als einen *kurzen* Draht.

1060) Am besten zeigen sich die Wirkungen mit dem *Elektro-Magnet* (1056). Als derselbe (d. h. der denselben umgebende Kupferdraht. *P.*) zur Schliefsung des Elektromotors angewandt wurde, fand bei *Vollziehung* der Schliefsung kein merklicher Funke statt; allein bei *Aufhebung* derselben erschien ein sehr grofser und heller Funke mit bedeutender Verbrennung des Quecksilbers. Eben so verhielt es sich mit dem Schlag. Wen die Hände mit Salzwasser benäfst waren, und sie mit den gehaltenen Drähten in guter Berührung standen, konnte beim *Schliefsen* des Elektromotors kein Schlag verspürt werden, wohl aber beim *Oeffnen* ein starker.

1061)

1061) Wenn die Schraube I oder III (1053 etc.) als verbindender Leiter gebraucht ward, erschien auch beim *Oeffnen* ein guter Funke, beim *Schliefsen* aber keiner (kein merkbarer). Der Versuch, mit diesen Schrauben einen Schlag zu bekommen, schlug anfangs fehl. Als ich indefs die Schrauben I und II mit ihren gleichliegenden Enden verknüpfte, so dafs sie als eine einzige Schraube mit doppelt so dickem Draht anzusehen waren, konnte ich so eben eine Empfindung erhalten. Bei Anwendung der Schraube mit dickem Draht (1055) erhielt ich jedoch einen unverkennbaren Schlag. Als ich die Zunge zwischen zwei Silberplatten brachte, die durch Drähte mit den Theilen in Gemeinschaft standen, welche die Hände früher berührten (1064), gab es beim *Oeffnen* einen starken Schlag, beim *Schliefsen* keinen.

1062) Das Vermögen, diese Erscheinungen hervorzurufen, ist daher sowohl in der einfachen Schraube als in dem Elektromagnet vorhanden; allein keineswegs in gleichem Grade.

1063) Als ein Stab weichen Eisens in die Schraube gesteckt ward, wurde er ein Elektromagnet (1057), und sogleich wuchs die Kraft der letzteren bedeutend. Die Hineinsteckung einer Kupferstange in die Schraube bewirkte keine Veränderung; die Wirkung war wie bei einer blofsen Schraube. Die beiden Schrauben I und II, zu Einer Schraube von doppelter Länge verbunden, erzeugten eine gröfsere Wirkung als I oder II für sich.

1064) Bei Vertauschung der Schraube mit dem blofsen langen Draht wurden die folgenden Wirkungen erhalten. Ein Kupferdraht, 0,18 Zoll dick und 132 Fufs lang, wurde auf dem Fufsboden des Laboratoriums ausgebreitet und als Schliefsleiter (1059) angewandt; er gab beim *Schliefsen* keinen sichtbaren Funken, wohl aber beim *Oeffnen* einen hellen, jedoch einen nicht so hellen als die Schraube (1061). Beim Bemühen im Moment des Oeffnens einen elektrischen Schlag zu erhal-

Digitized by Google

ten, gelang es nicht, einen solchen in den Händen fühlbar zu machen; allein als ich zwei Silberplatten, die durch kleine Drähte mit den Enden des Hauptdrahtes verbunden waren, anwandte, und die Zunge zwischen dieselbe brachte, gelang es, in dem Mund einen starken Schlag zu bekommen, und leicht war es auch, eine Butte (*flounder*), einen Aal oder Frosch in Zuckungen zu versetzen. Keiner dieser Effecte liefs sich direct mit dem Elektromotor erhalten, d. h. wenn Zunge, Frosch oder Fisch auf ähnliche, also vergleichende Weise in die Bahn der Communication zwischen der Zink- und Kupferplatte eingeschaltet wurde, Platten, die sonst überall durch die zur Erregung angewandte Säure getrennt waren. Der helle Funken und der Schlag, die nur beim *Oeffnen* der Kette erschienen, sind daher Wirkungen gleicher Art mit denen, welche im höheren Grade durch die Schraube und in noch höherem Grade durch den Elektromagneten (d. h. durch den um ihn gewickelten Draht. *P.*) erzeugt wurden.

1065) Um einen ausgestreckten Draht mit einer Schraube zu vergleichen, wurden die Schraube I, welche 96 Fufs Draht enthielt, und ein eben so langer und dicker Draht, der auf dem Fufsboden des Laboratoriums ausgebreitet lag, abwechselnd als Schliefsleiter angewandt. Die erste gab, im Moment des Oeffnens, einen weit helleren Funken als der letztere. Eben so gab ein 28 Fufs langer Kupferdraht, zu einer Schraube aufgerollt, beim Oeffnen der Kette einen guten Funken; als derselbe Draht darauf aber rasch ausgebreitet und wieder angewandt wurde, gab er einen kleineren Funken als zuvor, wiewohl nichts als seine Schraubenform geändert worden war.

1066) Da die Ueberlegenheit einer Schraube über einen bloßsen Draht wichtig ist für die Einsicht in die Erscheinung, so war ich angelegentlich bemüht, diese Thatsache genau fest zu stellen. Zu dem Ende bog ich einen 67 Fufs langen Draht in der Mitte, so dafs er doppelte Enden bildete, die mit dem Elektromotor in Gemein-

schaft gesetzt werden konnten. Eine dieser Drahthälften wurde zu einer Schraube aufgerollt, die andere blieb ausgestreckt. Als diese nun abwechselnd als Schliefsleiter angewandt wurden, gab die Schraube bei weitem den stärkeren Funken. Sie gab sogar einen stärkeren Funken als im Fall sie und die ausgestreckte Drahthälfte gemeinschaftlich als doppelter Leiter angewandt wurden.

1067) Wenn ein *kurzer* Draht angewandt wird, verschwinden *alle* diese Wirkungen. Ist er nur zwei bis drei Zoll lang, kann schwerlich beim *Oeffnen* ein Funke erhalten werden. Ist er aber zehn bis zwölf Zoll lang und mäfsig dick, so läfst sich leichter ein kleiner Funke bekommen. So wie die Länge wächst, wird der Funke verhältnifsmäfsig stärker, bis er, wegen übergrofser Länge des Drahts und daraus entspringenden Widerstands gegen die Leitung, wieder schwächer wird.

1068) Die Wirkung der Drahtverlängerung geht aus Folgendem hervor. Ein 114 Fufs langer und $\frac{1}{18}$ Zoll dicker Kupferdraht wurde auf dem Fufsboden ausgebreitet und als Schliefsleiter angewandt; er blieb kalt, gab aber beim *Oeffnen* der Kette einen hellen Funken. Nachdem er so über Kreuz gelegt worden, dafs er mit sich selbst nahe an den Enden in Berührung stand (*Being crossed so that the terminations were in contact near the extremities*) ward er wieder als Leiter gebraucht, nur zwölf Zoll von ihm waren in den Bogen eingeschlossen. Vermöge der gröfseren Menge durch ihn gehender Elektricität wurde der Draht sehr heifs, und dennoch war beim *Oeffnen* der Kette kaum ein Funke sichtbar. Der Versuch wurde mit einem $\frac{1}{9}$ Zoll dicken und 36 Fufs langen Draht wiederholt, aber mit gleichem Erfolg.

1069) Dafs die Wirkungen und auch der Vorgang (*effects and also the action*) bei allen diesen Versuchen einerlei sind, erhellt daraus, dafs die ersteren sich von den, welche der kürzeste Draht liefert, bis zu denen des stärksten Elektro-Magneten allmälig steigern lassen.

Diese Verfolgung der Vorgänge durch Experiment und Raisonnement von den Resultaten der kräftigsten Apparate an bis zu denen sehr schwacher ist von grofsem Vortheil für die Ermittlung der wahren Ursachen einer Erscheinung.

1070) Die Wirkung (*action*) hängt offenbar von dem als Leiter dienenden Drahte ab; denn sie verändert sich, so wie der Draht in seiner Länge oder Anordnung geändert wird. Der kürzeste Draht, kann man annehmen, zeigt vollständig den Funken oder Schlag, welchen der Elektromotor durch seine eigene directe Kraft erzeugt; all die übrige Kraft, welche die beschriebenen Vorrichtungen erregen, entspringt dagegen aus einer entweder dauernden oder vorübergehenden Abänderung (*affection*) des Stroms in dem Drahte selbst. Indefs soll vollständig nachgewiesen werden (1089. 1100), dafs es ein *momentaner* Effect ist, nur erzeugt in dem Augenblick des *Oeffnens* der Kette.

1071) *So lange der Strom besteht*, vom Augenblick nach dem Schliefsen bis zu dem vor dem Oeffnen der Kette, findet keine Veränderung in der Quantität und Intensität statt, ausgenommen, was davon herrührt, dafs ein langer Draht dem Durchgang der Elektricität einen gröfseren Widerstand leistet als ein kurzer. Um diesen Punkt in Betreff der *Quantität* zu ermitteln, wurden die Schraube I (1053) und das Galvanometer (1058) gemeinschaftlich als Theile des Schliefsbogens eines kleinen Elektromotors angewandt und die Ablenkung des Galvanometers beobachtet. Dann wurde ein Stab von weichem Eisen in die Schraube gesteckt, und sobald der momentane Effect vorüber war, die Nadel also stationär geworden, wiederum beobachtet, und dabei gefunden, dafs sie noch auf demselben Theilpunkt stand wie zuvor. Die bei Fortdauer des Stroms durch den Draht gehende Quantität war also gleich mit und ohne Anwendung von weichem Eisen.

1072) Dafs die Qualität der *Intensität* des constan-

ten Stroms nicht mit den Umständen variire, welche die besagten eigenthümlichen Resultate begünstigen, so dafs sich daraus eine Erklärung dieser Resultate ergäbe, wurde auf folgende Weise ermittelt. Der durch einen Elektromotor erregte Strom wurde durch kurze Drähte geleitet, und seine Intensität dadurch ermittelt, dafs man seiner elektrolysirenden Kraft verschiedene Substanzen unterwarf (912. 966 etc.); darauf wurde er durch die Drähte eines starken Elektromagneten (1056) geleitet, wiederum durch dasselbe Mittel auf seine Intensität geprüft, und noch unverändert gefunden. Ueberdiefs liefert die Constanz der bei dem obigen Versuch (1071) durchgegangenen *Quantität* einen ferneren Beweis, dafs die *Intensität* nicht variirt haben konnte. Denn wäre sie durch die Hineinsteckung des weichen Eisens erhöht worden, hätte man allen Grund zu glauben, dafs die in einer gegebenen Zeit übergegangene Quantität ebenfalls vermehrt seyn würde.

1073) Thatsache ist, dafs bei mannigfaltig abgeänderten Versuchen, der permanente Strom an Kraft *verliert*, so wie die Wirkungen beim *Oeffnen* der Kette *erhöht* werden. Diefs geht aus den vergleichenden Versuchen mit langen und kurzen Drähten (1068) zur Genüge hervor, und zeigt sich noch auffallender durch den folgenden. Man löthe einen dünnen (0,01 Zoll dicken) Platindraht von 1 bis 2 Zoll Länge an das eine Ende des langen Verbindungsdrahts, und auch ein genau eben so langes Stück desselben Platindrahts an das Ende des kurzen Verbindungsdrahts. Um dann die Effecte dieser beiden Verbindungen zu vergleichen, schliefse und öffne man die Kette zwischen diesen Platinspitzen und dem Quecksilber in dem Näpfchen *G* oder *E* (1079). Bei Anwendung des kurzen Verbindungsleiters wird der Platindraht, wegen der Menge von Elektricität, *durch den constanten Strom in's Glühen versetzt werden;* allein beim Oeffnen der Kette wird schwerlich ein Funke sichtbar seyn; wendet man dagegen den längeren Verbindungs-

leiter an, welcher durch seinen Widerstand den Strom schwächt, so bleibt das Platin bei dem Durchgang des Stromes kalt, aber diefs giebt einen hellen Funken im Moment da man den Strom unterbricht. So zeigt sich dann das sonderbare Resultat, dafs man von dem starken Strom einen schwachen Funken und Schlag, von einem schwachen Strome dagegen starke Wirkungen bekommt. Funke und Schlag im Moment des Oeffnens der Kette, wiewohl hervorgehend aus der grofsen Intensität und Quantität des Stroms *in diesem Moment*, sind also keine Anzeiger oder Messer der Intensität oder Quantität des vorher durchgehenden constanten Stroms, durch welchen sie zuletzt erzeugt werden.

1074) Will man den Funken nach seiner relativen Helligkeit als Anzeiger dieser Wirkungen gebrauchen, so ist es sehr wichtig, sich gewisser, mit seiner Erzeugung und seinem Ansehen verknüpften Umstände wohl zu erinnern. Unter einem gewöhnlichen elektrischen Funken versteht man das leuchtende Erscheinen der eine Strecke von Luft oder eine andere schlecht leitende Substanz plötzlich durchdringenden Elektricität. Ein voltascher Funke ist zuweilen von derselben Natur; allein für gewöhnlich entspringt er aus dem Glühen und selbst Verbrennen einer kleinen Portion eines guten Leiters, und diefs ist speciell der Fall, wenn der Elektromotor nur aus einem oder einigen Plattenpaaren besteht. Diefs läfst sich sehr gut beobachten, wenn eine oder beide Metallflächen, die sich berühren sollen, starr und zugespitzt sind. Im Moment, da sie in Berührung kommen, geht der Strom über, er erhitzt, glüht und verbrennt sogar die Berührungspunkte, und die Erscheinung macht sich so, wie wenn der Funke beim Schliefsen der Kette übersprünge, wogegen es nur ein Fall eines, nach vorheriger Schliefsung, durch den Strom hervorgebrachten Glühens ist, und vollkommen analog dem Glühen eines feinen

Digitized by Google

Platindrahts, welcher die Enden der voltaschen Batterie verbindet.

1075) Wenn Quecksilber zu einer oder beiden Berührungsflächen genommen ist, wird die Helligkeit des Funkens bedeutend verstärkt. Allein da diese Verstärkung von der Einwirkung auf das Metall und wahrscheinlich von der Verbrennung desselben herrührt, so dürfen dergleichen Funken auch nur verglichen werden mit andern aus Quecksilberflächen gezogenen Funken, und nicht mit denen, die man z. B. aus Platin- oder Goldflächen zieht, denn diese sind, bei gleicher Menge von übergegangener Elektricität, weit weniger hell. Es ist selbst nicht unwahrscheinlich, daſs die für gewöhnlich eintretende Verbrennung sogar auf die Dauer des Lichtes einwirkt, daſs Funken, gezogen aus Quecksilber, Kupfer und anderen brennbaren Körpern, eine merklich längere Dauer haben als diejenigen, welche zwischen Platin und Gold überspringen.

1076) Wenn das Ende eines kurzen sauberen Kupferdrahts, welcher an der einen Platte eines Elektromotors befestigt ist, sorgsam auf die mit der anderen Platte verbundenen Quecksilberfläche herabgelassen wird, so kann man einen fast continuirlichen Funken erhalten. Dieſs schreibe ich einer Reihe von Wirkungen folgender Art zu: Zuerst Berührung, — dann Glühen der Berührungspunkte, — Zurückweichen des Quecksilbers als mechanisches Resultat der an der Berührungsstelle entwickelten Hitze und des elektro-magnetischen Zustandes der Theile in diesem Moment [1]), — Unterbrechung des Contacts und Erzeugung des davon abhängigen eigenthümlichen starken Effects, — Erneuung des Contacts durch Rückkehr der Oberfläche des undulirenden Quecksilbers, — und dann eine Wiederholung derselben Reihe von Effecten, und zwar mit solcher Schnelligkeit, daſs daraus

1) *Quarterly Journal of Science, Vol. XII p. 420.*

Digitized

der Anblick einer continuirlichen Entladung hervorgeht. Wenn man statt des kurzen Drahts einen langen Draht oder einen Elektromagnet (d. h. den Draht desselben. *P.*) anwendet, läſst sich eine ähnliche Erscheinung dadurch hervorbringen, daſs man das Quecksilber durch Erschütterungen seines Gefäſses in Schwingungen versetzt; allein die Funken folgen einander nicht so rasch, um den Anschein eines continuirlichen Funken zu erzeugen, weil, wenn ein langer Draht oder ein Elektromagnet gebraucht wird, zur vollen Entwicklung des Stroms (1101. 1106) und zur vollen Aufhörung desselben eine gewisse Zeit erforderlich ist.

1077) Kehren wir indeſs zu den in Rede stehenden Erscheinungen zurück. Der erste Gedanke der sich darbietet, ist: daſs die Elektricität in dem Drahte mit Etwas, einem *Momente* oder einer *Trägheit* Aehnliches circulire, und daſs dadurch ein langer Draht in dem Augenblick, da der Strom gehemmt wird, Effecte erzeuge, die ein kurzer Draht nicht hervorbringen kann. Eine solche Erklärung wird jedoch durch die Thatsache niedergeschlagen, daſs ein Draht von gleicher Länge die Wirkungen in sehr verschiedenen Graden hervorbringt, je nachdem er einfach ausgestreckt, oder zu einer Schraube aufgerollt, oder um einen Elektromagneten (1069) gewickelt ist. Die (1089) angeführten Versuche werden noch auffallender zeigen, daſs die Idee von einem Momente unhaltbar ist.

1078) Der helle Funke an dem Elektromotor und der Schlag in den Armen scheinen mir offenbar von *Einem* Strom in dem langen Drahte herzurühren, der durch den doppelten Weg, welcher sich ihm durch den Körper und durch den Elektromotor darbietet, in zwei Theile zerfällt. Denn daſs der Funke an der Stelle der Trennung zwischen Draht und Elektromotor nicht aus einer directen Einwirkung des letzteren, sondern aus einer unmittelbar in dem Verbindungsdraht ausgeübten Kraft ent-

Digitized by Google

springe, scheint mir unzweifelhaft (1070). Daraus folgt, dafs man durch Anwendung eines besseren Leiters an der Stelle des menschlichen Körpers hier diesen Extra-Strom *gänzlich* übergehen lassen, ihn von dem durch unmittelbare Action des Elektromotors erzeugten trennen, und seiner *Richtung* nach gesondert von jeder Störung von Seiten des ursprünglichen und erzeugenden Stroms untersuchen könne. Diese Folgerung ergab sich als richtig. Denn als die beiden Enden des Hauptdrahts durch einen Querdraht von zwei bis drei Fufs Länge verbunden wurden, dort, wo die Hände den Schlag gefühlt hatten, ging der Extra-Strom ganz diesen neuen Weg, und zugleich wurde an der Trennungsstelle am Elektromotor kein besserer Funke erhalten als mit einem kurzen Draht.

1079) Den so getrennten *Strom* untersuchte ich mittelst eines Galvanometers und Zersetzungsapparats, die in die Bahn dieses Drahts gebracht wurden. Ich will immer von ihm als vom Strom in dem Querdrahte oder den Querdrähten sprechen, damit hinsichtlich seines Orts oder seines Ursprungs kein Mifsverständnifs entstehe. In Fig. IV Taf. III stellen *Z* und *C* die Zink- und Kupferplatte vor, *G* und *E* die Näpfchen mit Quecksilber, wo der Contact vollzogen oder unterbrochen wird (1052), *A* und *B* die Enden von *D*, dem zur Schliefsung der Kette angewandten langen Draht, Schraubendraht oder Elektromagnet; *N* und *P* sind die Querdrähte, welche entweder bei *x* in Berührung gebracht, oder mit einem Galvanometer (1058) oder Elektrolysirungsapparat (312. 316) verbunden werden.

Dafs von dem Strom in dem Querdraht ein Schlag *erzeugt* wird, *D* mag ein lang ausgestreckter oder ein schraubenförmig aufgerollter Draht oder ein Elektromagnet seyn, ist bereits beschrieben worden (1064. 1061. 1060).

1080) Der *Funke* des Querdraht-Stroms liefs sich bei *x* in folgender Weise erhalten. *D* ward zu einem

Digitized by Google

Elektromagneten gemacht, die Metall-Enden bei x wurden dicht zusammen gehalten oder leicht gegen einander gerieben, während der Contact bei G oder E abgebrochen ward. Wenn die Communication bei x vollkommen war, erschien bei G oder E wenig oder gar nichts von einem Funken. War bei x der Zustand der Nähe günstig für das verlangte Resultat, so ging daselbst in dem Moment der Trennung ein heller Funke über, während bei G und E *keiner* erschien. Dieser Funke war der leuchtende Durchgang des Extra-Stroms durch die Querdrähte. Wenn bei x kein Contact oder Uebergang des Stroms vorhanden war, so erschien der Funke bei G oder E, indem der Extra-Strom seinen Weg durch den Elektromotor selbst erzwang. Dieselben Resultate ergaben sich auch, wenn bei D ein Schraubendraht oder statt des Elektromagneten ein ausgestreckter Draht angewandt wurde.

1081) Als bei x ein zarter Platindraht eingefügt, und bei D der Elektromagnet angewandt wurde, traten, so lange die Kette geschlossen blieb, keine sichtbaren Wirkungen ein. So wie aber bei G oder E der Contact unterbrochen ward, gerieth der zarte Platindraht augenblicklich in's Glühen und Schmelzen. Ein langer oder dicker Draht konnte so ajustirt werden, daſs er bei x, jedesmal wenn der Contact bei G oder E unterbrochen ward, in's Glühen kam, ohne zu schmelzen.

1082) Mit Drähten oder Schraubendrähten ist es etwas schwierig diese Wirkung zu erhalten, und zwar aus sehr einfachen Gründen. Bei den Schrauben I, II oder III fand, wegen der Länge ihrer Drähte, eine solche Verlangsamung des elektrischen Stroms statt, daſs während der *Fortdauer des Contacts*, an den Querdrähten, in Folge der durch sie gehenden Portion von Elektricität ein Platindraht von 0,02 Zoll Dicke und einem vollen Zoll in Länge glühend erhalten werden konnte. Es ist also unmöglich die besonderen Wirkungen beim

Digitized by Google

Schliefsen und Oeffnen von dieser unausgesetzten Wirkung zu unterscheiden.

1083) Bei Anwendung der dickdrahtigen Schraube (1055) ergaben sich dieselben Resultate. Ausgehend von der bekannten Thatsache, dafs elektrische Ströme von grofser Quantität, aber geringer Intensität, wohl fähig sind, dicke Drähte in's Glühen zu versetzen, nicht aber dünne, gebrauchte ich jedoch bei x einen sehr dünnen Platindraht, und verringerte seinen Durchmesser so weit, bis bei G und E ein Funke erschien, wenn der Contact daselbst unterbrochen ward. Ein ein Viertelzoll langes Stück eines solchen Drahts konnte bei x eingeschaltet werden, ohne durch die bei G und E *unterhaltene* Berührung in's Glühen zu kommen; als aber an einer dieser Stellen die Berührung unterbrochen ward, wurde dieser Draht rothglühend. Durch diese Methode ist also erwiesen, dafs in diesem Momente ein inducirter Strom entsteht.

1084) Nun wurden *chemische Zersetzungen* durch den Strom des Querdrahts bewirkt, und zu dem Ende bei D ein Elektromagnet, so bei x ein Zersetzungsapparat mit Jodkalium-Lösung in Papier angewandt (1079). Die Leitungskraft des Verbindungssystems ABD war hinreichend den primären Strom vollständig fortzuführen, und daher fand, so lange die Berührung bei G und E *unterhalten* ward, keine chemische Action bei x statt. Allein so wie diese Berührung unterbrochen ward, trat bei x sogleich Zersetzung ein. Das Jod erschien am Draht N und nicht am Draht P, was beweist, dafs der bei Unterbrechung des Contacts durch die Querdrähte gehende Strom die *umgekehrte* Richtung von dem mit einem Pfeil bezeichneten Strom besitzt, d. h. von dem, welchen der Elektromotor durchgesandt haben würde.

1085) Bei diesem Versuch tritt an der Trennungsstelle ein heller Funke auf, was beweist, dafs nur ein kleiner Theil des Extra-Stroms bei x durch den Appa-

Digitized by Google

rat geht, wegen der geringeren Leitungskraft des letzteren.

1086) Mit blofsen Schraubendrähten und Drähten fand ich es schwierig chemische Zersetzungen zu erhalten, weil diese Vorrichtungen eine geringe Inductivkraft besitzen, und weil, sobald ein sehr kräftiger Elektromotor angewandt wird (1082), bei x ein starker constanter Strom durchgeht.

1087) Die lehrreichste Reihe von Resultaten ergab sich, wenn bei x ein Galvanometer eingeschaltet wurde. Als bei D ein Elektromagnet angewandt und der Contact (bei G und E) unterhalten wurde, zeigte die Ablenkung der Magnetnadel einen von P nach N, also in Richtung des Pfeiles gehenden Strom an; der Querdraht diente dabei zur Leitung eines Theils der durch den Elektromotor erregten Elektricität und die Vorrichtung ABD, wie es der Pfeil anzeigt, zur Leitung des andern und bei weitem gröfseren Theils. Nun wurde die Nadel, mittelst Stifte, die an die entgegengesetzten Seiten seiner beiden Enden gehalten wurden, in ihre natürliche Lage, in die, welche sie ohne Einwirkung eines Stroms einnahm, zurückgeführt, und darauf die Berührung bei G oder E unterbrochen; sogleich wich sie stark nach der entgegengesetzten Seite ab, und bewiefs so, in Uebereinstimmung mit den chemischen Wirkungen (1084), dafs der Extra-Strom in den Querdrähten eine *umgekehrte* Richtung hatte als durch den Pfeil angegeben ist, d. h. als der durch die directe Action des Elektromotors erzeugte Strom [1]).

1088) Mit dem blofsen Schraubendraht würden sich diese Wirkungen schwerlich erhalten lassen, weil dieser

1) Es ward durch Versuche ausgemittelt, dafs, wenn ein starker Strom blofs durch das Galvanometer geleitet und die Nadel auf obige Art in ihre natürliche Lage zurückgeführt wurde, bei Aufhebung des Stroms keine Vibration der Nadel in entgegengesetzter Richtung stattfand.

Digitized by Google

eine geringere vertheilende Kraft besitzt, weil der Galvanometerdraht selbst durch Vertheilung entgegengesetzt wirkt, und wegen anderen Ursachen. Bei dem bloſs ausgestreckten Draht haben alle diese Umstände einen noch gröſseren Einfluſs, und daher giebt derselbe noch weniger Aussicht auf einen Erfolg.

1089) Diese Versuche, welche in der Quantität, Intensität und selbst Richtung einen Unterschied zwischen den primären oder erzeugenden Strom und den Gegenstrom (*Extra-current*) festsetzen, lieſsen mich schlieſsen, daſs der letztere identisch war mit dem in der ersten Reihe dieser Untersuchungen (6. 26) [1]) beschriebenen inducirten Strom; und bald war ich im Stande diese Ansicht zu erweisen, und zugleich die beiden Ströme nicht theilweis, sondern gänzlich von einander zu trennen.

1090) Die doppelte Schraube (1053) wurde so vorgerichtet, daſs I den Verbindungsdraht zwischen den Platten des Elektromotors abgab, II aber auſserhalb des Stroms sich befand und mit seinen Enden frei war. Bei dieser Anordnung gab I zur Zeit und am Ort der Trennung (von dem Elektromotor. *P.*) einen guten Funken. Nun verknüpfte ich die Enden von II mit einander, so daſs ein geschlossener Draht gebildet wurde, lieſs aber I unverändert. Allein nun konnte mit letzteren am Trennungsort kein oder ein kaum sichtbarer Funke erhalten werden. Jetzt wurden die Enden von II bloſs so dicht an einander gehalten, daſs wenn ein Strom diesen Draht entlang lief, er als Funke erscheinen muſste, und auf diese Weise wurde aus II ein Funke erhalten, wenn die Verbindung von I mit dem Elektromotor unterbrochen ward, statt daſs er früher (als die Enden von II einander nicht so nahe gebracht waren. *P.*) an dem abgehobenen Ende von I selbst erschien.

1091) Nach Einschaltung eines Galvanometers oder Zersetzungsapparats in den von der Schraube II gebilde-

1) Annalen, Bd. XXV S. 92 und 98.

ten Kreises konnte ich durch den inducirten Strom, welcher bei Unterbrechung des Contacts der Schraube I mit dem Elekromotor entstand, und selbst durch den, welcher bei Herstellung dieses Contacts erregt ward, leicht Ablenkungen oder Zersetzungen erhalten, und in beiden Fällen zeigten die Resultate bei den beiden so erzeugten inducirten Strömen entgegengesetzte Richtungen an (26).

1092) Alle diese Erscheinungen, mit Ausnahme der Zersetzungen, liefsen sich auch mit zwei langen ausgestreckten Drähten erhalten, die nicht die Gestalt von Schrauben besafsen, aber dicht neben einander lagen. Und so ergab sich, dafs der Extra-Strom sich aus dem Draht, der den ursprünglichen Strom leitete, auf den benachbarten Draht übertragen, und zugleich, sowohl in Richtung wie in jeder anderen Hinsicht, identificiren lasse mit den durch Induction erregbaren Strömen (1089). Mit dem Funken und dem Schlag bei Unterbrechung des Contacts verhält es sich demnach so: Wenn ein Strom durch einen Draht geleitet wird, und ein anderer Draht, der einen geschlossenen Kreis bildet, befindet sich dem ersten parallel gelegt, so wird, im Moment da im ersten Draht der Strom unterbrochen wird, in dem zweiten Draht ein Strom in *gleicher* Richtung erregt, und der erste zeigt alsdann nur einen schwachen Funken; allein, wenn der zweite Draht fortgenommen wird, veranlafst die Abtrennung des ersten Drahts (von dem Elektromotor. *P.*) in diesem Drahte selbst einen Strom in gleicher Richtung, der einen starken Funken erzeugt. Der starke Funke aus dem einfachen langen Draht oder dem Schraubendraht im Moment der Abtrennung (von dem Elektromotor *P.*) ist daher das Aequivalent des Stroms, welcher in einem benachbarten Draht erzeugt seyn würde, wenn ein solcher zweiter Strom gestattet wäre.

1093) Betrachtet man die Erscheinungen als die Resultate der Vertheilung elektrischer Ströme, so wird Man-

Digitized by Google

ches bei den früheren Versuchen weit deutlicher, so z. B. die Verschiedenheit der Wirkungen kurzer und langer Drähte, Schraubendrähte und Elektromagnete (1069). Beobachtet man die vertheilende Wirkung, welche ein fuſslanger Draht auf einen daneben liegenden Draht von ebenfalls der Länge eines Fuſses ausübt, so findet man sie sehr gering; leitet man aber denselben Strom durch einen Draht von funfzig Fuſs Länge, so erregt er, im Moment da mit ihm der Elektromotor geschlossen oder geöffnet wird, in einem benachbarten Draht von funfzig Fuſs Länge einen weit kräftigeren Strom, und jede Verlängerung des Drahts erhöht die Summe der Wirkung. Aus denselben Gründen (*by parity of reasoning*) würde eine ähnliche Wirkung eintreten, wenn der leitende Draht zugleich der ist, in welchem der inducirte Strom gebildet wird. Dieſs ist der Grund (*hence the reason*) warum ein langer Draht beim Oeffnen der Kette einen helleren Funken giebt als ein kurzer (1068), wiewohl er weit weniger Elektricität leitet.

1094) Wenn ein langer Draht zu einer Schraube aufgerollt wird, so ist er, beim Oeffnen der Kette, noch wirksamer in Hervorbringung von Funken und Schlägen; denn durch die vertheilende Einwirkung der Windungen auf einander verstärkt eine jede die benachbarte und wird von ihr verstärkt, wodurch dann die Summe der Wirkung sehr erhöht wird.

1095) Durch einen Elektromagneten wird die Wirkung noch weit mehr verstärkt, weil das durch die Kraft des continuirlichen Stroms magnetisirte Eisen seinen Magnetismus in dem Momente der Aufhörung des Stroms verliert, und, wenn dieſs geschieht, in dem um ihn geschlungenen Draht einen elektrischen Strom zu erregen trachtet (37. 38), übereinstimmend mit demjenigen, welchen die Aufhörung des Stroms in dem Schraubendraht in diesem selbst ebenfalls hervorzurufen sucht.

1096) Durch Anwendung der früherhin (6. etc.) auf-

gestellten Gesetze der Vertheilung elektrischer Ströme lassen sich verschiedene Versuche erdenken, deren Resultate als Beweise für die Richtigkeit der eben gegebenen Ansichten dienen können. Wenn so z. B. ein langer Draht von der Mitte aus zusammengeschlagen wird, so dafs der Strom in den beiden Hälften entgegengesetzte Wirkung ausüben mufs, so darf er bei Oeffnung der Kette keinen merkbaren Funken geben, und diefs ist wirklich der Fall, denn ein mit Seide besponnener Draht von 40 Fufs Länge, von der Mitte aus zusammengeschlagen, und bis vier Zoll von den Enden dicht zusammengebunden, gab in diesem Zustand kaum einen wahrnehmbaren Funken; als derselbe Draht aber aus einander gebreitet wurde, gab er einen sehr guten Funken. Als die beiden Schrauben I und II an einer Seite mit ihren Enden verknüpft, und darauf die beiden andern Enden zur Schliefsung des Elektromotors gebraucht wurden, so dafs beide Schrauben eine einzige lange Schraube bildeten, deren Hälften entgegengesetzte Richtungen hatten, — erhielt ich kaum einen wahrnehmbaren Funken, selbst wenn ein Stab von weichem Eisen in die Schraube gelegt worden, die doch beinahe 200 Fufs Draht enthielt. Wurden dagegen die beiden Schrauben in übereinstimmender Richtung zu einer einzigen Schraube verbunden, so gab diese einen sehr hellen Funken.

1097) Aehnliche Beweise lassen sich aus der gegenseitigen Einwirkung zweier getrennten Ströme (1110) herleiten; und es ist wichtig für die allgemeinen Principien, die übereinstimmende Wirkung zweier solcher Ströme nachzuweisen. Gehen zwei Ströme in gleicher Richtung und werden sie gleichzeitig unterbrochen, so verstärken sie einander durch ihren gegenseitigen Einflufs; gehen sie aber in entgegengesetzten Richtungen, so schwächen sie einander unter denselben Umständen. Ich bemühte mich zunächst zwei Ströme aus zwei verschiedenen Elektromotoren durch die beiden Schrauben I und II zu leiten, und

Digitized by Google

und eine gleichzeitige Oeffnung beider Ketten mechanisch zu bewerkstelligen; allein diefs gelang nicht, denn immer ward die eine Kette etwas früher als die andere geöffnet, und dann gab sie wenig oder gar nichts von einem Funken, indem die vertheilende Kraft des geöffneten Kreises zu Erregung eines Stroms in dem geschlossen gebliebenen (1090) verwandt wurde; der Strom, welcher zuletzt unterbrochen ward, gab immer einen hellen Funken. Wenn es je von Nutzen seyn sollte, auszumitteln, ob die Oeffnung zweier voltaschen Ketten genau zu gleicher Zeit geschieht, so würden diese Funken einen Beweis dafür liefern, der fast einen unendlichen Grad von Vollkommenheit besitzt.

1098) Diese Punkte vermochte ich auch noch auf einem andern Wege zu erweisen. Ich nahm zwei kurze dicke Drähte zur Vollziehung oder Unterbrechung des Contacts mit dem Elektromotor. Die zusammengesetzte Schraube, bestehend aus I und II (1053), ward so ajustirt, dafs die Enden dieser beiden Schrauben mit den beiden dicken Drähten verbunden werden konnten, und zwar so, dafs der Strom sich in den beiden Schraubendrähten in zwei gleiche Theile theilte, und diese beiden Theile, je nach der Verknüpfungsart, in gleicher oder entgegengesetzter Richtung gehen mufsten. Auf diese Weise wurden zwei Ströme erhalten, welche gleichzeitig unterbrochen werden konnten, weil die Unterbrechung in *G* oder *E* durch Abhebung eines einzigen Drahts vollzogen werden konnte. Hatten die beiden Schrauben entgegengesetzte Richtungen, so war an der Trennungsstelle kaum ein Funke sichtbar; hatten sie aber gleiche Richtung, so erschien daselbst ein sehr heller.

1099) Nun wurde beständig die Schraube I gebraucht, zuweilen verknüpft mit der Schraube II in übereinstimmender Richtung, zuweilen mit der Schraube III, welche in kleinem Abstande daneben gelegt ward. Die Verknüpfung von I und II, welche zwei, vermöge ihrer Nähe,

Digitized by Google

vertheilend auf einander einwirkende Ströme darbot, gab einen helleren Funken als die Verknüpfung von I und III, wo die beiden Ströme ihren wechselseitigen Einflufs nicht ausüben konnten; allein der Unterschied war nicht so grofs als ich erwartet hatte.

1100) So beweisen denn alle Erscheinungen, dafs die Wirkungen von einer Vertheilung herrühren, die im Augenblick der Hemmung des Hauptstromes eintritt. Einmal glaubte ich, sie entsprängen aus einer anhaltenden Wirkung während der *Fortdauer* des Stroms, und erwartete, dafs ein Stahlmagnet, in gehöriger Lage in einen Schraubendraht gebracht, einen ähnlichen Einflufs wie das weiche Eisen ausüben und also die Wirkung verstärken würde. Allein diefs ist nicht der Fall, denn harter Stahl oder ein Magnet, in den Schraubendraht gebracht, ist nicht so wirksam als weiches Eisen, noch macht es einen Unterschied, wie der Magnet in den Schraubendraht gelegt wird. Die Gründe hievon sind einfach die, dafs die Wirkung nicht von einem permanenten Zustand des (eisernen oder stählernen. *P.*) Kerns (*core*), sondern von einer Veränderung seines Zustands abhängt, und dafs der Magnet oder harte Stahl seinen Zustand im Moment der Aufhebung des Contacts nicht so rasch wie weiches Eisen verändern kann; daher ist es denn auch in der Hervorrufung eines Elektricitätsstroms durch Vertheilung nicht so wirksam wie dieses [1]).

1101) Da ein elektrischer Strom im Momente seines Beginns mit gleicher Stärke vertheilend wirkt, wie im Momente seines Aufhörens (10. 26) nur in entgegengesetzter Richtung, so mufste die Herleitung der in Rede stehenden Erscheinungen von einer vertheilenden Wirkung zu der Folgerung führen, dafs entsprechende, aber

1) Bei Bewegung würde aber natürlich der Stahlmagnet wie weiches Eisen wirken. *P.*

Digitized by Google

entgegengesetzte Wirkungen in einem langen Draht, in einem Schraubendraht oder Elektromagneten eintreten werden, jedesmal wenn die Berührung mit dem *Elektromotor vollzogen* wird. Diese Wirkungen werden im ersten Augenblick in einem langen Leiter einen Widerstand, und dadurch ein dem Umgekehrten von einem Schlag oder Funken äquivalentes Resultat hervorzubringen suchen. Nun ist es zwar sehr schwierig, Mittel zu ersinnen, die zur Erkennung solcher negativen Resultate geschickt wären; allein da es wahrscheinlich ist, dafs zugleich irgend eine positive Wirkung hervorgebracht wird, sobald wir wissen was zu erwarten steht, so glaube ich, die neuen Thatsachen, welche auf diesen Gegenstand zielen, werden der Erwähnung werth seyn.

1102) Die zuvor (1084) beschriebene Vorrichtung mit einem Elektromagnet und einem Zersetzungsapparat bei x wurde wieder angewandt, ausgenommen, dafs die Intensität der chemischen Action des Elektromotors so verstärkt wurde, bis der elektrische Strom, bei Unterhaltung des Contacts in G und E (1079) gerade im Stande war die schwächsten Anzeigen einer Zersetzung zu geben (Jod erschien dann am Ende des Querdrahts P). Der Draht N war auch bei r von A getrennt, so dafs daselbst der Contact nach Gefallen vollzogen oder abgebrochen werden konnte. Unter diesen Umständen wurde die folgende Reihe von Operationen mehrmals wiederholt; der Contact wurde bei r unterbrochen, dann bei G unterbrochen, dann bei r wieder hergestellt und zuletzt auch bei G erneut. So wurde jeder durch *Unterbrechung* des Contacts herrührende Strom von N nach P hin verhütet; allein jede aus der *Vollziehung* des Contacts entspringende Verstärkung des Stroms von P nach N hin konnte beobachtet werden. Auf diese Weise ergab sich, dafs durch wenige Vollziehungen des Contacts eine weit stärkere Zersetzung (Entwicklung von Jod an

Digitized by Google

P) erhalten werden konnte, als in weit längerer Zeit durch einen bei *Fortdauer* des Contacts übergehenden Strom. Diefs schreibe ich dem Act der Vertheilung in dem Draht *ABD* zu, wodurch im Momente des Contacts dieser Draht zu einem schlechten Leiter ward, oder vielmehr der Durchgang der Elektricität durch denselben für einen Augenblick eine Verzögerung erlitt, so dafs eine gröfsere Menge von der vom Elektromotor erzeugten Elektricität seinen Durchgang durch den Querdraht *NP* nahm. Im Augenblick da die Vertheilung aufhörte, bekam *ABD* wieder seine volle Kraft zur Leitung eines elektrischen Stroms, und diese Kraft mufste, wie wir aus den früheren (1060) Versuchen wissen, sehr verstärkt werden durch die entgegengesetzte Vertheilungswirkung, welche im Momente der *Unterbrechung* des Contacts bei *Z* oder *C* in Thätigkeit gesetzt ward.

1103) Es wurde nun bei *x* ein Galvanometer eingeschaltet, und, während der Contact bei *G* und *E* unterhalten ward, die Ablenkung der Nadel aufgezeichnet. Die Nadel ward dann, wie früher, nach der einen Richtung hin gehemmt (1087), so dafs sie bei Aufhörung des Stroms nicht zurückkehren konnte, sondern in der Lage bleiben mufste, welche ihr der Strom gegeben hatte. Bei Unterbrechung des Contacts bei *G* oder *E* war natürlich keine Wirkung sichtbar; jetzt ward er wieder hergestellt, und augenblicklich wich die Nadel von den Hemmstiften ab, so dafs sie also noch weiter aus ihrer natürlichen Lage abgelenkt ward als es durch den constanten Strom geschehen war. Durch diesen temporären Ueberschufs des Stroms in der Querleitung war also die temporäre Verzögerung in dem Bogen *ABD* nachgewiesen.

1104) Als bei *x* (1081) ein so ajustirter Platindraht angebracht wurde, dafs er durch den Strom, welcher bei *Unterhaltung* des Contacts in *G* und *E* durch ihn ging, nicht in's Glühen gerieth, wohl aber durch einen etwas stärkeren Strom, war ich leicht im Stande die-

ses Glühen durch *Vollziehung* sowohl wie durch *Aufhebung* des Contacts hervorzubringen. So war denn die momentane Verzögerung in *ABD* bei Vollziehung des Contacts so gut wie das entgegengesetzte Resultat bei Aufhebung des Contacts hiedurch erwiesen. Das zweimalige Glühen des Drahts bei x wurde also erzeugt durch elektrische Ströme, die in entgegengesetzten Richtungen wanderten.

1105) Bei Anwendung des bloſsen Schraubendrahts konnte ich, durch den Extra-Strom bei Vollziehung des Contacts, keine deutlichen Ablenkungen bei x erhalten, aus Gründen, die bereits erwähnt wurden (1088). Als daselbst ein sehr dünner Platindraht angewandt wurde (1083) gelang es, durch Vollziehung des Contacts, denselben in's Glühen zu versetzen; allein bei weitem nicht in dem Grade wie mittelst des Elektro-Magneten (1104).

1106) Der Effect bei *Vollziehung des Contacts* läſst sich auch erkennen und abschätzen, wenn man die Vertheilungskraft aus dem Draht, welcher den ursprünglichen Strom leitet, in einen Seitendraht überführt, wie in den beschriebenen Fällen (1090), und wir erlangen dabei sowohl durch chemische als durch galvanometrische Resultate (1091) die Gewiſsheit, daſs die bei Vollziehung und Aufhebung des Contacts entstehenden Kräfte, wie Action und Reaction, einander an Stärke gleich, in Richtung aber entgegengesetzt sind. Wenn daher der Effect bei Vollziehung des Contacts auf eine bloſse Schwächung (*Retardation*) des Stroms im ersten Moment seiner Existenz zurückkommt, so muſs er, seiner Stärke nach, äquivalent seyn der groſsen Verstärkung (*Exaltation*), die derselbe Strom im Moment der Unterbrechung des Contacts erfährt.

1107) Der Vorgang unter obigen Umständen besteht also darin, daſs die Intensität und Quantität der sich in einem Strom bewegenden Elektricität zu Anfange und bei Verstärkung des Stromes *kleiner*, bei Aufhebung oder

bei Schwächung *gröfser* sind als sie seyn würden, wenn die in diesen Momenten eintretende Vertheilungswirkung nicht stattgefunden hätte, oder wie sie in dem Draht des ursprünglichen Stromes sind, wenn die vertheilende Wirkung aus diesem Draht in einen benachbarten übergeführt wird (1090).

1108) Aus der Leichtigkeit der Ueberführung in benachbarte Drähte und aus den Effecten überhaupt, scheint es, als seyen die vertheilenden Kräfte lateral, d. h. als wirken sie in senkreckter Richtung gegen den ursprünglichen und den erzeugten Strom; auch scheinen sie genau durch die magnetischen Curven dargestellt zu werden, und in innigem Zusammenhange mit den magnetischen Kräften zu stehen, wenn nicht mit ihnen identisch zu seyn.

1109) Ganz ohne Zweifel wirkt der in einem Theile eines Drahts vorhandene Strom durch Vertheilung auf andere Theile *desselben* Drahts, die dem ersteren zur Seite, d. h. mit ihm in einem Querschnitt liegen, oder mehr oder weniger schief gegen ihn sind (1112), gerade so wie ein Strom einen anderen in einem benachbarten Draht hervorzubringen vermag. Diefs giebt dann zu dem Schein einer Rückwirkung des Stroms auf sich selbst Veranlassung; allein alle Versuche und Analogien neigen dahin zu zeigen, dafs die Elemente (wenn ich so sagen darf) der Ströme nicht auf sich selbst einwirken, und dadurch die in Rede stehende Wirkung hervorbringen, sondern dieselben erzeugen, indem sie in einer leitenden Substanz, die ihnen zur Seite liegt, Ströme erregen.

1110) Es wäre möglich, dafs einige der von mir gebrauchten Ausdrücke scheinbar die Meinung einschliefsen, als sey die vertheilende Wirkung nichts anderes als (*essentially*) die Wirkung eines Stroms auf einen anderen, und die von einem Elemente eines Stromes auf ein anderes Element desselben Stroms. Um eine solche Folgerung zu verhüten, mufs ich meine Meinung deutli-

cher ausdrücken. Nehmen wir einen geschlossenen (*endlefs*) Draht, so haben wir die Mittel, in demselben einen Strom zu erzeugen, welcher in dem Kreise circulirt, ohne die vorher im Draht befindliche Elektricität zu vermehren. So weit wir zu beurtheilen vermögen, ist die Elektricität, welche als Strom erscheint, dieselbe, welche zuvor im Drahte ruhend war; und wiewohl wir bis jetzt nicht im Stande sind, den wesentlichen Unterschied im Zustande der Elektricität zu beiden Zeiten anzugeben, so können wir doch leicht diese beiden Zustände erkennen. Wenn nun ein Strom durch Vertheilung auf eine zur Seite liegende leitende Substanz einwirkt, so wirkt er wahrscheinlich auf die in dieser leitenden Substanz befindliche Elektricität, diese mag *strömen* oder *ruhen;* im ersten Fall wird er den Strom, je nach seiner Richtung, verstärken oder schwächen, im letzteren aber einen Strom erregen, und der *Betrag* der vertheilenden Wirkung ist wahrscheinlich in beiden Fällen derselbe. Nach dem eingeschränkten Sinne, welchen man gegenwärtig mit dem Worte Strom verknüpft (283. 517. 667), würde es daher ein Irrthum seyn, wenn man sagte, die Vertheilungswirkung beruhe auf der gegenseitigen Beziehung zweier oder mehrer Ströme.

1111) Mehre der Wirkungen, wie z. B. die bei Schraubendrähten (1066), bei gleich oder entgegengesetzt laufenden Strömen (1097. 1098) und die bei Erzeugung von Seitenströmen (1090) schienen anzudeuten, dafs ein Strom leichter in einem benachbarten Draht einen Vertheilungseffect hervorbringen könne als in seinem eigenen Drahte, und es stand daher zu erwarten, dafs einige abweichende Resultate erhalten werden würden, wenn man statt eines einfachen Drahts ein Bündel Drähte als Leiter anwendete. Demzufolge wurden nachstehende Versuche angestellt. Ein Kupferdraht von $\frac{1}{23}$ Zoll Dicke wurde in mehre 5 Fufs lange Stücke zerschnitten; sechs derselben wurden neben einander liegend zu einem Bün-

Digitized by Google

del vereinigt und mit ihren Enden an zwei dickere Kupferdrähte gelöthet. Wenn diese Vorrichtung als Entladungsdraht gebraucht wurde, theilte sich der Hauptstrom in sechs Arme, die entweder parallel dicht neben einander liefen, oder durch Ausbreitung der Drähte mehr oder weniger ihrem wechselseitigen Einfluſs entrückt werden konnten. Wenn die sechs Drähte dicht zusammen lagen, schien mir bei Unterbrechung des Contacts der Funke etwas heller zu seyn, als im Fall sie aus einander gehalten wurden.

1112) Ein anderes Bündel, zwanzig solcher Drähte enthaltend, war 18 Fuſs lang, und seine Enddrähte hielten 0,2 Zoll Dicke und sechs Zoll Länge. Dieses Bündel wurde verglichen mit einem 19 Fuſs langen Kupferdraht von 0,2 Dicke. Bei Aufhebung des Contacts gab das Bündel, selbst wenn seine Stränge durch einen Faden dicht zusammengeschnürt wurden, einen kleineren Funken als der einfache Draht; und noch kleiner war der Funke, wenn die Stränge des Bündels aus einander gebreitet wurden. Im Ganzen entsprach indeſs die Verringerung des Effects nicht meiner Erwartung, und ich bezweifle, ob die Resultate irgend einen Beweis von der Wahrheit der obigen Voraussetzung ablegen.

1113) Die vertheilende Kraft, durch welche zwei Elemente Eines Stroms (1109. 1110) auf einander wirken, scheint in dem Maaſse abzunehmen als die Verbindungslinie zwischen ihnen schiefer wird gegen die Richtung des Stroms, und endlich ganz zu verschwinden, wenn sie ihr parallel ist. Aus einigen Resultaten vermuthe ich, daſs sie dann sogar in die von Hrn. Ampère [1]) beobachtete Abstoſsungskraft übergeht, welche auch die Ursache der von Sir Humphry Davy [2]) beschriebenen Erhebung des Quecksilbers ist, und vermuthlich direct mit der Qualität der Intensität zusammenhängt.

1) *Recueil d'observations électrodynamiques*, *p*. 285.

2) *Philosoph. Transact.* 1823, *p*. 155.

Digitized by Google

1114) Ungeachtet die Effecte nur bei Vollziehung und Aufhebung des Contacts zum Vorschein kommen (der Strom anscheinend in der Zwischenzeit unergriffen bleibt), so kann ich mich doch des Gedankens nicht erwehren, dafs durch die Seitenwirkung der Elemente des elektrischen Stroms, während der Zeit seiner Fortdauer, irgend ein verwandter und entsprechender Effect ausgeübt werde (60. 242). Eine Wirkung dieser Art ist wirklich in den magnetischen Beziehungen der Theile des Stromes sichtbar. Nehmen wir indefs an (wie wir es für diesen Augenblick thun wollen), dafs die magnetischen Kräfte es seyen, welche so auffallende und abweichende Resultate zu Anfange und zu Ende eines Stroms erzeugen, so scheint doch, als fehle noch ein bisher unerkanntes Glied in der Kette von Effecten, ein Rad in dem physischen Mechanismus der Wirkung. Betrachtet man Elektricität und Magnetismus als die Resultate zweier, in bestimmten Richtungen senkrecht gegen einander ausgeübten Kräfte eines physischen Wesens oder eines besonderen Zustands der Materie, so scheint mir mufs man auch annehmen, diese beiden Zustände oder Kräfte seyen bis zu geringerem oder gröfserem Grade in einander umwandelbar, d. h. ein Element eines elektrischen Stroms habe nicht eine bestimmte elektrische Kraft und eine bestimmte magnetische Kraft, die beständig in einem und demselben Verhältnifs vorhanden seyen, sondern diese beiden Kräfte seyen durch einen uns bis jetzt unbekannten Procefs oder Zustandswechsel in einander unwandelbar. Wie könnte sonst ein Strom von gegebener Intensität und Quantität im Stande seyn, durch seine directe Einwirkung einen Zustand zu unterhalten, welcher, wenn man ihn zu reagiren erlaubt (bei Aufhebung des ursprünglichen Zustands), einen zweiten Strom erregt, der eine weit gröfsere Intensität und Quantität als der erzeugende besitzt? Diefs kann nicht aus einer directen Reaction der elektrischen Kraft entspringen; und wenn es aus einer

Verwandlung der elektrischen Kraft in eine magnetische und eine Rückverwandlung dieser in jene entspränge, so würde diefs zeigen, dafs sie in mehr als blofs der Richtung verschieden seyen, rücksichtlich *desjenigen Agens* in dem Leitungsdraht, welches ihre unmittelbare Ursache ausmacht.

1115) Was den intermediären und indifferenten Zustand betrifft, durch den die, bei Vollziehung und Aufhebung des Contacts erfolgenden Effecte getrennt werden, so ist diese Trennung wahrscheinlich mehr scheinbar als wirklich. Geschieht die Leitung der Elektricität durch Vibrationen, oder durch einen andern Vorgang, bei welchem entgegengesetzte Kräfte successiv und rasch erregt und vernichtet werden, so läfst sich erwarten, dafs zu Anfange und zu Ende der Zeit, während welcher die Leitung fortbesteht, eigenthümliche und entgegengesetzte Kraftentwicklungen stattfinden (einigermafsen analog den Farben an den Gränzen eines unvollkommen entwickelten Sonnenspectrums); und die intermediären Actionen, wiewohl sie auf demselben Wege nicht sichtbar sind, mögen das Eigentlichste der Leitung ausmachen. Dergleichen Ansichten und Schlüsse, welche mir scheinen mit den Fundamental-Gesetzen und -Thatsachen der Elektricitätslehre im Zusammenhange zu stehen, hatten mich veranlafst, ausführlicher, als ich es sonst gethan hätte, in eine experimentelle Prüfung der in diesem Aufsatz beschriebenen Erscheinungen einzugehen.

1116) Ehe ich schliefse mufs ich noch bemerken, dafs eine voltasche Batterie von 50 Plattenpaaren Resultate von genau derselben Art gab, wie eine einfache Kette (1052). Der Funke beim Schliefsen der Batterie war aus zuvor angegebenen Gründen sehr klein (1101. 1107), der beim Oeffnen aber sehr glänzend und schön. Die *continuirliche* Entladung schien im Charakter nicht geändert zu werden, es mochte ein kurzer Draht oder ein

Digitized by Google

kräftiger Elektromagnet (d. h. dessen Draht. *P.*) als verbindender Entlader angewandt werden.

1117) Die zu Anfange und Ende eines Stroms erzeugten Effecte (welche, wenn dieser Strom von einem voltaschen Apparat geliefert wird, durch eine Zwischenzeit getrennt sind) müssen gleichzeitig eintreten, wenn eine gewöhnliche elektrische Entladung durch einen langen Draht geleitet wird. Ob sie, wenn sie genau gleichzeitig geschehen, einander neutralisiren, oder ob sie der Entladung doch keine bestimmte Eigenthümlichkeit verleihen, bleibt noch zu untersuchen [1]). Allein es ist sehr wahrscheinlich, dafs das Eigenthümliche und Stechende der aus einem langen Draht gezogenen Funken zum Theil beruht auf der erhöhten Intensität, welche an den Enden des Entladers durch die daselbst stattfindende Vertheilungswirkung erzeugt wird.

1118) In dem Schraubendraht der magneto-elektrischen Maschine (z. B. der schönen des Hrn. Saxton) [2]) zeigt sich der wichtige Einflufs der obigen Principien. Vermöge der Construction des Apparats mufs der elektrische Strom in dem ersten Augenblicke seiner Bildung einen geschlossenen Metallbogen von grofser Länge durchwandern; er nimmt allmälig an Stärke zu und wird dann plötzlich durch Oeffnung des Metallbogens unterbrochen; so erhält dann die in diesem Momente überspringende Elektricität durch *Vertheilung* eine grofse Intensität (1064. 1060). Diese Intensität zeigt sich nicht nur durch den Glanz der Funken und die Stärke der Schläge, sondern auch durch die erfahrungsmäfsig erprobte Nothwendigkeit einer guten Isolirung der Windungen des Drahts, in wel-

1) In dieser Hinsicht sind wohl die merkwürdigen und zu ihrer Zeit so wenig gewürdigten Versuche des Hrn. Savary (Annal. Bd. IX S. 443 und Bd. X S. 73) wieder vorzunehmen und durchzusehen. *P.*

2) Annal. Bd. XXXIV S. 502. *P.*

Digitized by Google

chem der Strom gebildet wird; sie giebt dem Strom eine Stärke, welche der Apparat ohne Benutzung des Princips, welches den Gegenstand dieses Aufsatzes ausmacht, bei weitem nicht erreichen würde.

Royal Institution, 8. Dec. 1834.

III. *Ueber das Gesetz des Cosinusquadrats für die Intensität des polarisirten Lichts, welches von doppeltbrechenden Krystallen durchgelassen wird; von Hrn. Arago.*

(In der Voraussetzung, daſs es für manchen Leser Interesse haben werde, die früher in diesen Annalen (Bd. XXIX S. 194) dunkel angedeutete photometrische Methode des Hrn. Arago etwas näher kennen zu lernen, von Hrn. Arago selbst aber schwerlich sobald eine ausführliche Beschreibung derselben zu erwarten steht, theilen wir den Abriſs mit, welchen Hr. Babinet von ihr gegeben hat. Er findet sich unter den Zusätzen, mit denen Hr. Quetelet seine schätzbare Uebersetzung des *Treatise on Light* von Herschel bereichert hat. *P.*)

Das Gesetz, welches Hr. Arago sich vorgenommen, durch Versuche zu bestätigen, lautet vollständig so:

»Wenn man einen polarisirten Lichtstrahl senkrecht durch eine Krystallplatte gehen läſst, deren Hauptschnitt irgend einen Winkel mit der Polarisationsebene des einfallenden Strahles macht, so ist die Lichtmenge, welche in den ordentlichen Strahl übergeht, proportional dem Quadrat des Cosinus vom Winkel, den der Hauptschnitt des Krystalls mit der Polarisationsebene des einfallenden Strahles macht; der Rest bildet den auſserordentlichen Strahl.«

Ehe Hr. Arago das Verfahren auseinandersetzt, durch welches er diesen Lehrsatz der Optik experimentell als physisches Gesetz beweist, erinnert er an folgende Haupt-

eigenschaften des polarisirten Lichts und belegt sie durch Versuche.

1) Das polarisirte Licht, welches man durch Doppelbrechung, Zurückwerfung, wiederholte Brechungen oder mittelst Absorption durch gewisse Krystalle erhält, ist dasjenige, welches nur einen einzigen Strahl (den ordentlichen) giebt, wenn es senkrecht durch ein Kalkspath-Rhomboëder geht, dessen Hauptschnitt mit der Polarisationsebene dieses Krystalls zusammenfällt; wogegen unter denselben Umständen das natürliche Licht, z. B. das Licht der Sonne, der Fixsterne, einer Kerzenflamme, zwei gesonderte Bündel von gleicher Intensität liefert, von denen das eine ordentlich, das andere aufserordentlich gebrochen wird. Bekanntlich nennt man Hauptschnitt die Ebene, welche, senkrecht auf der Eintrittsfläche, durch die krystallographische Axe des Kalkspaths gelegt ist.

Umgekehrt erkennt man, ob ein Strahl polarisirt sey, daran, dafs dieser bei gewissen Stellungen des Kalkspaths nicht in zwei Theile zerfällt; und wenn er überdiefs ganz der ordentlichen Brechung folgt, so ist durch die zugehörige Lage des Hauptschnitts die Polarisationsebene des Strahls gegeben.

2) Wenn das polarisirte Licht durch eine Kalkspathplatte geht, deren Hauptschnitt senkrecht ist auf seiner Polarisationsebene, so verschwindet der ordentliche Strahl ganz und alles Licht geht in den aufserordentlichen Strahl über.

3) Wenn der Hauptschnitt des Krystalls einen Winkel von 45°, oder einen halben rechten Winkel mit der Polarisationsebene des einfallenden Lichtes macht, so liefert dieses zwei Strahlen von gleicher Intensitat, von denen jeder die Hälfte des einfallenden Lichts enthält.

4) Das Licht kann partiell polarisirt seyn, und dann läfst es sich betrachten als ein Gemeng von natürlichem oder neutralem und polarisirtem Licht. Der nicht polarisirte Theil liefert den beiden Brechungen, der ordent-

Digitized by Google

lichen und der aufserordentlichen, gleiche Lichtmengen. Was aber den polarisirten Theil betrifft, so geht dieser entweder ganz in den ordentlichen Strahl über, oder ganz in den aufserordentlichen Strahl, oder vertheilt sich gleichmäfsig unter beide, je nachdem der Winkel seiner Polarisationsebene mit dem Hauptschnitt des Krystalls entweder 0°, oder 90° oder 45° ist.

5) Ein anderes nicht minder wichtiges Kennzeichen des polarisirten Lichts, dessen (des Kennzeichens) Entdeckung man Hrn. Arago verdankt, und das er für eine grofse Anzahl optischer Untersuchungen zu benutzen gewufst hat, ist die sogenannte farbige oder chromatische Polarisation. Sie besteht darin, dafs wenn man einen polarisirten Strahl durch ein doppeltbrechendes Blättchen von zweckmäfsiger Dicke und Lage gehen läfst, die beiden Strahlen, der ordentliche und aufserordentliche, in welche der einfallende zerfällt, wenn sie, wie vorhin, durch einen Kalkspath gehen, auf's Lebhafteste gefärbt sind, und ihre Farben die wichtige Eigenschaft besitzen, complementar zu einander zu seyn, d. h. dafs diese beiden Farbenbündel bei ihrer Wiedervereinigung ein ganz farbloses Licht geben. Man bezeichnet diese Eigenschaft indem man sagt, dafs zwei complementare Farben einander neutralisiren; so erhält man z. B. aus dem complementaren Roth und dem complementaren Grün wiederum Weifs.

Fügen wir hinzu, dafs wenn der Krystall, welchen der Strahl vor dem Kalkspath durchdringt, eine senkrecht gegen ihre Axe geschnittene Bergkrystallplatte von etwa 5 Millimeter Dicke ist, das polarisirte Licht, welches der Axe dieses Krystalls gefolgt und darauf durch den Kalkspath gegangen und von ihm zerspalten ist, die allerlebhaftesten Farben zeigt; der eine Strahl ist z. B. lebhaft roth, der andere sehr schön grün.

6) Wenn in den beiden Fällen des vorhergehenden Paragraphen das Licht, statt vollständig polarisirt zu seyn,

nur partiell polarisirt ist, so bemerkt man ebenfalls noch Complementarfarben; allein sie sind desto weniger lebhaft, je kleiner der Antheil des polarisirten Lichts in dem zum Versuch genommenen Lichte ist; so dafs diese Eigenschaft ein Mittel liefert, welches kein anderes ersetzen kann, um sich zu überzeugen, ob ein gegebenes Licht vollkommen *neutral* sey, d. h. keinen Antheil polarisirten Lichts enthalte; denn wenn es der Fall ist, giebt dieses Licht, wenn man es anfangs durch eine fünf Millimeter dicke Quarzplatte und darauf durch einen Kalkspath gehen läfst, den beiden Bündeln, in welche es sich zertheilt, durchaus keine Spur von Färbung.

7) Die Erfahrung zeigt, dafs wenn man zwei gleich intensive und gegen einander rechtwinklich polarisirte Strahlen vereinigt, das daraus entstehende Licht vollständig dem neutralen Licht analog ist. Diefs liefert ein Mittel zur Depolarisation eines Lichtbündels, dieses mag vollständig oder theilweis polarisirt seyn. Denn läfst man dieses Lichtbündel durch einen doppeltbrechenden Krystall gehen, dessen Hauptschnitt den Winkel 45° mit der Polarisationsebene macht, so zerfällt es in zwei Bündel von gleicher Intensität; und da überdiefs, erfahrungsgemäfs, die beiden aus der Doppelbrechung hervorgehenden Bündel vollständig polarisirt, ihre Polarisationsebenen auch rechtwinklich auf einander sind, so folgt, dafs das polarisirte Licht, welches in zwei gleich starke und rechtwinklich gegen einander polarisirte Bündel zertheilt ist, dem neutralen Lichte analog, d. h. vollständig depolarisirt seyn wird.

Leicht ersichtlich ist, dafs man für das partiell polarisirte Licht zu demselben Resultat gelangt, denn da der nicht polarisirte Theil immer zwei gleich intensive und rechtwinklich unter sich polarisirte Bilder liefert, so braucht nur der Hauptschnitt des zerlegenden Kalkspaths in den Winkel 45° gegen die Polarisationsebene des polarisirten Antheils gestellt zu werden, um auch die bei-

den Theile, worin dieser Antheil zerfällt, gleich zu machen, und so endlich zwei gleich starke und rechtwinklich auf einander polarisirte Lichtbündel, d. h. depolarisirtes oder neutrales Licht zu erhalten [1]).

Be-

1) Für die weiterhin beschriebene photometrische Methode mag zwar die eben aufgestellte Einerleiheit des depolarisirten und natürlichen Lichts ganz hinreichend seyn; allein vergessen darf man doch nicht, dafs zwischen beiden Lichtarten, sowohl der Theorie als der Erfahrung nach, noch eine wesentliche Verschiedenheit stattfindet.

Natürliches Licht ist Licht von *veränderlicher* Polarisation, Licht, welches die Lage seiner Polarisationsebene, wenn man den gleichzeitigen Zustand eines ganzen Strahls betrachtet, von Punkt zu Punkt verändert, oder wenn man einen und denselben Punkt des Strahls eine Zeit lang in Erwägung zieht, jeden Augenblick ändert. In einem natürlichen Lichtstrahl ist jeder Punkt innerhalb einer mefsbaren Zeit nach jeder möglichen (auf dem Strahle senkrechten) Richtung gleich oft polarisirt, und deshalb kann man einen solchen Strahl für gewisse Aufgaben als aus zwei gegen einander senkrecht polarisirten Strahlen bestehend ansehen. Diefs ist aber eine *mathematische Fiction,* und die Polarisationsrichtungen der beiden componirenden Strahlen sind dabei *ganz unbestimmt*, *willkührlich.*

Was man dagegen depolarisirtes Licht nennt, ist Licht, welches nach zwei *festen* unter sich senkrechten Ebenen polarisirt ist. Ein sogenannter depolarisirter Strahl besteht immer aus wenigstens zwei rechtwinklich gegen einander polarisirten Strahlen, die in ihrem Gange um einen Bruchwerth einer Wellenlänge, kleiner oder gröfser als eine halbe Welle verschieden sind. (Beträgt der Gangunterschied der beiden componirenden Strahlen genau eine halbe oder ganze Welle, so ist der resultirende Strahl wieder polarisirt, nach diagonalen Richtungen gegen die Polarisationsebenen der componirenden Strahlen.)

Ein solcher sogenannter depolarisirter Strahl ist nichts anderes als ein circular oder elliptisch polarisirter, worin, nach Fresnel, die Aethertheilchen nicht in geraden Linien vibriren, sondern in Kreisen oder Ellipsen circuliren; er besitzt zwar einige Eigenschaften des gewöhlichen Lichts; z. B. die, bei Untersuchung mit einem Turmalin keine Polarisation zu verrathen; aber er zeigt auch andere Eigenschaften, welche seine Verschiedenheit

Digitized by Google

Bemerken wir, daſs dieſs Verfahren ungemein nützlich werden kann, um die beiden durch die Doppelbrechung entstandenen und also polarisirten Strahlen wieder in den Zustand von neutralem Lichte zurückzuführen und von den Eigenschaften des Polarisationszustands zu befreien, welche dem Gelingen des Versuches schädlich seyn könnten.

Da die Lage des Hauptschnitts eines Krystalls, welche die beiden Bündel, das ordentliche und auſserordentliche, gleich macht, einen Winkel von 45° mit der Polarisationsebene des einfallenden Lichtes bildet, so erhält man in der vollständigen Depolarisation ein vortreff-

vom gewöhnlichen Licht documentiren, z. B. die, daſs er die gewöhnliche Figur des Kalkspaths, Fig. 3 Taf. II Bd. XXIII dies. Annalen, in eine gleiche oder ähnliche wie Fig. 4 derselben Kupfertafel verwandelt.

Davon kann man sich überzeugen, wenn man ein Glimmerblättchen von zweckmäſsiger Dünnheit senkrecht so gegen einen polarisirten Lichtstrahl aufstellt, daſs seine Axe einen Winkel von 45° mit der Polarisationsebene dieses Strahles macht, und das zum Glimmerblättchen austretende Licht durch einen Turmalin betrachtet, erst ohne, dann mit Einschaltung einer senkrecht gegen ihre Axe geschnittene Kalkspathplatte zwischen den Glimmer und den Turmalin.

Hat man zwei Glimmerblättchen, jedes von ungefähr der Dicke einer Viertel-Lichtwelle (oder richtiger gesagt: von der Dicke einer Zahl von ganzen Lichtwellen plus einer Viertelwelle), so kann man sich, wenn man erst eine und dann beide auf vorhin genannte Weise senkrecht in die Bahn des polarisirten Strahles stellt (so, daſs ihre Axen nach derselben Seite hin einen Winkel von 45° mit der Polarisationsebene dieses Strahles machen), auf sehr lehrreiche Art von dem Uebergange des (geradlinig) polarisirten Lichts in circular polarisirtes, und des letzteren wiederum in (geradlinig) polarisirtes Licht, dessen Polarisationsebene senkrecht gegen die des ersteren steht, überzeugen.

Alle diese Sätze sind durch Fresnel's unsterbliche Arbeiten längst bekannt, aber es scheint, als würden sie selbst von Denen, die sie kennen, zuweilen wieder vergessen, und darum mag es nicht überflüssig gewesen seyn, sie wieder in Erinnerung gebracht zu haben. *P.*

Digitized by Google

liches Mittel zur Auffindung der Polarisationsebene des polarisirten Theils in einem nur partiell polarisirten Strahl. Man braucht nur diejenige Lage des Hauptschnitts zu bestimmen, welche den Strahl vollständig depolarisirt: die gesuchte Polarisationsebene wird dann mit dieser Lage einen Winkel von 45° machen.

Die Gleichheit der beiden Bündel, sobald der Hauptschnitt des doppeltbrechenden Krystalls einen Winkel von 45° mit der Polarisationsebene des einfallenden Lichtes macht, bestätigt für diesen Fall das Gesetz des Cosinusquadrats. Denn nimmt man das einfallende Licht (d. h. seine Intensität. *P.*) zur Einheit, so ist nach diesem Gesetz der ordentliche Strahl (d. h. seine Intensität. *P.*) gleich dem Quadrat des Cosinus von 45°, also $=\frac{1}{2}$; der Rest des Lichts oder der aufserordentliche Strahl wird $=1-\frac{1}{2}$, d. h. $=\frac{1}{2}$, also dem ordentlichen Strahle gleich, wie der Versuch beweist. Hr. Arago, der diesen Versuch angestellt, hat in der That gefunden, dafs die beiden Strahlen sich vollständig neutralisiren; daraus schliefst er, dafs sie gleich intensiv sind, und dafs das Gesetz des Cosinusquadrats für diesen Fall richtig ist.

Es ist zu bemerken, dafs man sich durch dieses Verfahren von der Gleichheit der beiden Lichtbündel überzeugen kann, ohne dafs man sie zu trennen braucht, und dafs die Polarisation ein solches Kennzeichen mit sich führt, dafs sie erlaubt mit zwei in einander liegenden Lichtbündeln zu operiren, wodurch dann zugleich jeder Fehler entfernt wird, der aus der ungleichen Empfindlichkeit des Auges in den verschiedenen Theilen der Netzhaut entspringt, die sonst der Wirkung zweier getrennten Bündeln ausgesetzt sind.

8) Die Induction, welche zu diesem von Malus aufgestellten, aber nicht bewiesenen Gesetz des Cosinusquadrates führt, ist ziemlich leicht zu verfolgen. Ein polarisirter Strahl giebt beim Durchgang durch einen doppeltbrechenden Krystall, dessen Hauptschnitt successiv

die Winkel 0°, 45°, 90° mit der Polarisationsebene macht, für den ordentlichen Strahl die Lichtmengen 1, $\frac{1}{2}$, 0, während der aufserordentliche Strahl die complementaren Werthe 0, $\frac{1}{2}$, 1 bekommt. Diese drei Werthe 1, $\frac{1}{2}$, 0 des ordentlichen Strahls sind genau die Werthe des Quadrats der Cosinus von den Winkeln 0°, 45°, 90°, welche die genannten beiden Ebenen mit einander bilden. Fresnel hat dieses Gesetz theoretisch aus seinen Ideen über die Natur der Lichtvibrationen hergeleitet, indem er diese Vibrationen senkrecht gegen die Richtung des Lichtstrahls annimmt. Allein vor Hrn. Arago hat Niemand gesucht einen experimentellen Beweis davon zu geben, einen Beweis, der nicht von den Gegnern der einen oder anderen Theorie, aus der man dieses physische Gesetz herleiten könnte, bestritten worden wäre.

Hr. Arago entwickelt die Wichtigkeit solcher physischen Demonstrationen, die für immer die Naturgesetze feststellen (wie z. B. das Descartes'sche (richtiger Snell'sche. *P.*) Gesetz der Sinus für die Brechung in unkrystallisirten Mitteln) und den Theorien zur Stütze dienen, statt aus diesen eine Sicherheit zu entlehnen, die immer der Bestätigung bedarf; solche Demonstrationen sind wahrhafte Erweiterungen für die Wissenschaft, weil nichts ein durch Thatsachen bestätigtes Gesetz umstofsen kann, welche Art von Induction oder Theorie auch sonst auf die Erkennung oder selbst Vermuthung dieses Gesetzes geführt haben mag.

Hr. Arago äufsert sich noch über die practische Wichtigkeit des Gesetzes des Cosinusquadrats für die Photometrie, diesen Zweig der Physik, welcher den Arbeiten des Hrn. Arago so viel (und man kann selbst sagen Alles) verdankt. In der That besteht die Schwierigkeit der Probleme der Photometrie fast immer in den beiden folgenden Operationen, welche die Vergleichung zweier gegebener Lichter möglich machen: 1) Schwächung des stärkeren Lichts um einen wohl bekannten Bruch-

werth, um es dem schwächeren gleich zu machen, und 2) Versicherung von der hergestellten Gleichheit durch ein fehlerfreies und sehr empfindliches Mittel.

Wer sähe nun nicht sogleich, daſs man sich einerseits durch die Nichtfärbung einer Quarzplatte von der Gleichheit der beiden gemengten und auf einander rechtwinklich polarisirten Strahlen überzeugen kann, und daſs man andererseits in dem Gesetz des Quadrats vom Cosinus des Winkels zwischen den beiden mehrmals genannten Ebenen ein Mittel hat, den Bruchwerth des einen zur Neutralisation des andern angewandten Lichtbündels zu bestimmen. Bemerken wir noch, daſs diese Bruchtheilung (*fractionnement*) selbst in dem Fall mit Nutzen angewandt werden kann, wo die chromatische Polarisation nicht zur Entscheidung der Gleichheit zweier zu vergleichender Lichter herbeigerufen wäre. Denn immer kann man den geschwächten Strahl (*rayon fractionné*) durch die Doppelbrechung depolarisiren, und dadurch alle Eigenschaften des directen oder natürlichen Lichts verleihen, wenn man ihn durch ein doppeltbrechendes Blättchen gehen läſst, von solcher Dünnheit, daſs es ihn nicht in zwei getrennte Bündel zerspaltet.

Nimmt man als Vergleichungspunkt z. B. das Licht eines Himmelskörpers, welches successiv um bekannte Gröſsen geschwächt worden ist, so könnte man durch die successiven Gleichheiten den wachsenden Eintritt des Jupiterschattens in die Scheibe eines seiner Satelliten im Momente der Verfinsterung des letzteren verfolgen. Eine bequeme und einwurfsfreie Schwächung (*fractionnement*) würde sich anders nicht erhalten lassen.

Auch die vergleichende Intensität des Lichts der Fixsterne ist nach Hrn. Arago leicht durch dieses Verfahren zu erhalten. Denn bevor oder nachdem die beiden Sterne in zwei benachbarte Theile des Gesichtsfeldes eines Fernrohrs gebracht worden sind, schwächt man das (vorher polarisirte) Licht des stärkeren um eine bekannte

Digitized by Google

Gröfse, welche dasselbe dem Licht des schwächeren gleich macht.

Nachdem Hr. Arago die Wichtigkeit dieses Gesetzes für eine grofse Zahl von Untersuchungen nachgewiesen, geht er zur Auseinandersetzung der Methoden über, welche er erdacht, um das Gesetz auch für jeden andern Winkel zu erweisen, von der Coincidenz der beiden Ebenen (der Polarisations- und der Hauptschnittsebene) an bis zur Rechtwinklichkeit derselben.

Um den Gang dieses Verfahrens zu begreifen, mufs man zuvörderst wissen, dafs, wenn man Licht reflectiren läfst, z. B. an einer Glasplatte, die absolute Menge des polarisirten Lichts in dem reflectirten Strahl genau der gleich ist, welche sich in dem durchgelassenen Strahl befindet, nur dafs letztere senkrecht gegen die erste polarisirt ist. Um sich von diesem Gesetze zu überzeugen, braucht man nur den reflectirten und den refrangirten Strahl gleichzeitig aufzufangen, und nachzusehen, ob deren Vereinigung neutrales Licht liefert. Diefs aber hat Hr. Arago beobachtet, und folglich ist die Lichtmenge, welche nach der Reflexionsebene polarisirt und in dem reflectirten Strahl enthalten ist, gleich dem rechtwinklig darauf polarisirten Theil in dem durchgelassenen Lichte, weil beide Lichtmengen einander neutralisiren.

Daraus leitet Hr. Arago ein Mittel ab, um, wenn auch nicht absolut, doch wenigstens relativ zu erfahren, wie viel polarisirtes Licht vergleichungsweise in zwei partiell polarisirten Strahlen enthalten ist.

Erläutern wir diefs durch ein Beispiel. Gesetzt ein Strahl natürlichen Lichts gehe unter gegebener Neigung durch eine Glasplatte mit parallelen Flächen, und liefere dabei einen durchgelassenen und einen zurückgeworfenen Strahl, welche sich, je nach dem Einfallswinkel, unter einander gleich, oder in einem bekannten Verhältnisse ungleich machen lassen. Die photometrischen Methoden des Hrn. Arago erlauben den reflektirten Strahl

gleich zu machen einem Viertel, einem Drittel, der Hälfte oder irgend einem Bruchwerth vom einfallenden. Verweilen wir bei dem Fall, wo der durchgelassene Strahl das Doppelte vom zurückgeworfenen, der letztere also ein Drittel vom einfallenden Strahl ist. Da nun die absolute Menge des polarisirten Lichts in dem einen und in dem andern (im gebrochenen und zurückgeworfenen Strahl, *P.*) die nämliche ist, so leuchtet ein, daſs die *verhältniſsmäſsige Menge* des polarisirten Lichts in dem durchgelassenen Strahl halb so groſs als die im zurückgeworfenen Lichte seyn wird. Mit anderen Worten: Im reflectirten Strahl ist das Verhältniſs des polarisirten Antheils zum gesammten Licht doppelt so groſs als das Verhältniſs des polarisirten Antheils zum gesammten Licht im durchgelassenen Strahl, welch einen absoluten Werth die polarisirte Lichtmenge in dem einen oder andern Strahl auch haben mag.

Nun weiſs man aus Erfahrung, daſs wenn man eine oder mehre Glasplatten, zweckmäſsig geneigt, in die Bahn eines partiell polarisirten Lichtstrahls bringt, man dadurch diesen Strahl in den neutralen Zustand versetzt, welch eine Intensität der partiell polarisirte Strahl auch haben mag. Dieselbe Glasplattensäule neutralisirt unter vortheilhafteren Neigungen beträchtlichere Antheile des polarisirten Lichts, welches im partiell polarisirten Licht enthalten ist. Wählen wir z. B. wie vorhin einen reflectirten Strahl, der, im Vergleich zum durchgelassenen Strahl, einen doppelten Antheil polarisirten Lichts enthält, so ist klar, daſs man zur Depolarisation des reflectirten eine Säule mit mehr Glasplatten oder die frühere Säule unter einer günstigeren Neigung anwenden müſste. Diese Neutralisation durch eine gegebene Säule, unter einer gewissen Neigung, ist so gebunden an den Antheil des polarisirten Lichts in einem partiell polarisirten Strahl, daſs die Neutralisation bei vermehrter oder verringerter Neigung der Glassäule sogleich aufhören würde.

Digitized by Google

Umgekehrt, wenn man eine Reihe von Neigungen einer und derselben Säule hat, die bekannte Antheile von dem im einfallenden Strahl enthaltenen polarisirten Licht neutralisiren, so kann man sich dieser Säule unter verschiedenen Neigungen mit Nutzen bedienen, um, durch eine *erste* Neigung, bei der sie einen *ersten* partiell polarisirten Strahl neutralisirt, und durch eine *zweite* Neigung, bei der sie einen *zweiten* auch partiell polarisirten Strahl neutralisirt, zu erfahren, in welchem Verhältniſs die in diesen beiden Strahlen enthaltenen Antheile von polarisirtem Lichte stehen. Hat man z. B. eine Glasplatte, welche einen halb so starken Strahl reflectirt als sie durchläſst, bei der also der reflectirte Strahl eine doppelt so groſse Proportion polarisirten Lichts enthält als der durchgegangene, und man zeichnet die beiden Neigungen der Säule auf, welche successiv diese beiden Strahlen neutralisiren, so kann man sicher seyn, daſs für irgend zwei andere Strahlen, erhalten durch irgend ein anderes Verfahren, die respectiven Proportionen des polarisirten Lichts die nämlichen sind wie im gegenwärtigen Fall, sobald die Neigungen der neutralisirenden Säule ebenfalls die nämlichen sind.

Hat man Alles dieses wohl verstanden, so ist der Geist der von Hrn. Arago zur Bestätigung des Gesetzes vom Cosinusquadrat erdachten Methode leicht zu begreifen. Er ist folgender.

Man leite einen vollständig polarisirten Lichtstrahl senkrecht durch eine doppeltbrechende Platte, deren Hauptschnitt einen bekannten Winkel mit der Polarisationsebene des Strahles macht, und die ihn nicht in zwei gesonderte Lichtbündel zerlegt, sowohl weil ihre Dicke nur gering ist, als auch weil ihre Flächen parallel der Axe geschnitten sind. Wenn der polarisirte Strahl sich gemäſs dem angenommenen Gesetz unter die beiden Brechungen vertheilt, so wird das Quadrat des Cosinus vom angezeigten Winkel eine erste Zahl geben, welche das or-

Digitized by Google

dentlich, nach dem Hauptschnitt, polarisirte Licht mifst, während die Einheit weniger dasselbe Cosinusquadrat eine andere das aufserordentliche Licht messende Zahl liefert. Das Verhältnifs des polarisirten Lichts auf die totale, der Einheit gleiche, Lichtmenge, wird demnach durch den Unterschied dieser beiden Zahlen vorgestellt, weil der ganze Rest sich gegenseitig neutralisirt.

Ohne etwas an dieser Vorrichtung zu ändern, welche, wie man sieht, einen partiell polarisirten Lichtstrahl liefert, dessen Antheil polarisirten Lichts sich nach dem Gesetz des Cosinusquadrats berechnen läfst, bringe man in die Bahn des Strahls eine Glassäule, und zeichne die Neigung auf, bei welcher die Säule diesen Strahl neutralisirt.

Man wiederhole darauf den ersten Theil des Versuchs, und verändere dabei den Winkel zwischen der Polarisationsebene des einfallenden Strahls und der Ebene des Hauptschnitts; dadurch erhält man einen neuen partiell, aber in einem anderen Verhältnifs partiell polarisirten Lichtstrahl, und berechnet nun abermals nach dem Gesetz des Cosinusquadrats das Verhältnifs des polarisirten Lichts.

Endlich neutralisire man auch diesen zweiten partiell polarisirten Strahl durch die nämliche Säule, und zeichne die Neigung auf, bei der sie den neuen durchgelassenen Strahl neutralisirt.

Diese beiden Neigungen der Säule entsprechen den verschiedenen proportionellen Mengen von polarisirtem Licht in beiden Fällen, Mengen, deren Verhältnifs durch das Vorhergesagte bekannt ist, und welches gleich seyn mufs dem der beiden Zahlen, welche durch das Gesetz des Cosinusquadrats erhalten wurden.

Um die Ideen durch ein Beispiel zu fixiren, wollen wir wie vorhin annehmen, die beiden Neigungen Einer Glassäule, die in einem partiell polarisirten Strahl die relativen Proportionen 1 und 2 vom polarisirten Licht neutralisiren, seyen bekannt, — und unter diesen beiden

Digitized by Google

Neigungen habe die Säule, gehörig gedreht, die Neutralisation bewirkt, als der Hauptschnitt des Krystalls mit der Polarisationsebene des ursprünglichen Strahls die Winkel *a* und *b* machte. Daraus schliefst man, dafs in diesen beiden Fällen die Proportionen des successiv in dem durchgelassenen Strahl enthaltenen polarisirten Lichts sich respective wie 1 : 2 verhalten.

Allein andererseits wird im ersten Fall das Licht des ordentlichen Strahls gemessen durch die Zahl, welche das Quadrat des Cosinus von *a* ausdrückt und das Licht des aufserordentlichen Strahls durch die Einheit weniger diese Zahl. Diese letzte Gröfse abgezogen vom Quadrat des Cosinus giebt die Zahl, welche das Verhältnifs des polarisirten Lichts anzeigt, weil das gesammte Licht gleich ist der Einheit. Dieselbe Rechnung bei dem Winkel *b* giebt eine ähnliche Zahl, und wenn das Gesetz des Cosinusquadrats richtig ist, so mufs die erste dieser Zahlen die Hälfte der zweiten seyn.

IV. *Betrachtungen über ein von Hrn Talbot vorgeschlagenes photometrisches Princip; von Hrn. Plateau in Brüssel.*

(*Bulletin de l'acad. roy. des sciences et belles-lettres de Bruxelles* 1835, *No.* 2 *p.* 52 *et No.* 3 *p.* 89.)

Vor einiger Zeit hat Hr. Talbot ein sehr einfaches photometrisches Princip bekannt gemacht [1]), das vieler nützlichen Anwendungen fähig ist. Allein er stützt diefs an sich richtige Princip auf, mir scheint, wenig beweisende Thatsachen, und deshalb will ich in diesem Aufsatz die Resultate von Versuchen mittheilen, die ich mei-

1) *Phil. Magazine, Ser. III Vol. V p.* 321. Siehe den Zusatz am Ende des gegenwärtigen Aufsatzes. P.

Digitized by Google

nerseits unternahm, ehe ich die Arbeit des Hrn. Talbot kannte, und die das nämliche Princip auf directe Weise begründen. Diefs Princip läfst sich folgendermafsen aufstellen:

»*Wenn ein leuchtender Gegenstand regelmäfsig intermittirend auf das Auge wirkt und die successiven Momente seines Erscheinens so nahe an einander liegen, dafs das Auge sie nicht mehr unterscheiden kann, sondern eine ununterbrochene Empfindung erhält, so ist die scheinbare Helligkeit dieses Gegenstandes geschwächt in dem Verhältnifs der Summe der Erscheinungs- und Verschwindungsdauer zur blofsen Erscheinungsdauer.*

Nehmen wir für jetzt das Princip als bewiesen an, und werfen, um es wohl zu begreifen und seine Wichtigkeit einzusehen, einen Blick auf einige der sinnreichen Anwendungen, die Hr. Talbot davon gemacht hat.

Läfst man vor dem Auge eine weifse, mit einem schwarzen Sector bemalte Pappscheibe schnell rotiren, so entsteht bekanntlich eine graue Farbe. Offenbar befindet sich das Auge in Bezug auf jeglichen Punkt dieser grauen Fläche in den vom obigen Princip verlangten Umständen; denn dieser Punkt wird abwechselnd von einem weifsen und von einem schwarzen Raum eingenommen, und er schickt folglich nach einem Punkt der Netzhaut ein regelmäfsig intermittirendes Licht. Die scheinbare Helligkeit der grauen Farbe wird sich demnach zu der des weifsen Papiers verhalten wie die Durchgangsdauer des weifsen Theils durch einen Punkt zur Durchgangsdauer des weifsen und des schwarzen Theils durch denselben Punkt, oder, was auf dasselbe hinausläuft, wie die Winkelbreite des weifsen Theils zum vollen Kreisumfang. Will man mit Hrn. Talbot den Dunkelheitsgrad und nicht den Helligkeitsgrad der grauen Farbe messen, so ersieht man aus dem Obigen, dafs dieser Dunkelheitsgrad proportional ist der Winkelbreite des schwarzen Sectors. Giebt man demnach diesem letzteren ver-

Digitized by Google

schiedene Winkelbreiten, so kann man, vom Weifs ab bis zum Schwarz, eine Reihe von Farben bilden, deren jede durch die Winkelbreite des ihr entsprechenden Sectors gemessen wird.

Versetzt man eine schwarze Scheibe, die mit sectorenförmigen Löchern versehen ist, so dafs die stehendbleibenden Theile eine Reihe dunkler unter sich gleicher Sectoren bilden, eben so in schnelle Rotation und betrachtet durch dieses Instrument einen leuchtenden Gegenstand, so wird dessen Helligkeit, gemäfs dem obigen Princip, verringert werden in dem Verhältnifs der Summe der Winkelbreiten einer Oeffnung und eines dunkeln Sectors zur Winkelbreite einer Oeffnung. Und daraus ist leicht zu folgern, dafs der Grad der Verdunklung des Gegenstandes gemessen wird durch das Verhältnifs der Summe der Winkelbreiten der schwarzen Sectoren zum ganzen Kreisumfang. Sind z. B. zwölf dunkle Sectoren vorhanden, jeder von fünf Grad, so wird die Verdunklung des durch eine solche Scheibe betrachteten Gegenstandes gemessen werden durch das Verhältnifs 12 Mal 5 oder 60 zu 360. Durch dieses Mittel kann man also die scheinbare Helligkeit eines sehr glänzenden Gegenstandes, z. B. die einer Flamme, in jedem beliebigen Verhältnifs schwächen und dann mit einer andern schon gemessenen Helligkeit vergleichen.

Man kann auch das Bild des leuchtenden Gegenstandes mit einem rasch rotirenden Spiegel auffangen, so dafs dieses Bild eine Kreisbewegung bekommt. Es nimmt dann scheinbar die Figur eines zusammenhängenden Ringes an, dessen Helligkeit gemessen wird durch das Verhältnifs der wirklichen Breite des Bildes zu dem Kreisumfang, den es beschreibt. Ist der leuchtende Gegenstand z. B. die Sonne, und ein zweckmäfsig aufgestellter Spiegel macht das Bild derselben einen gröfsten Kreis der Himmelskugel beschreiben, so wird der centrale Theil dieses Bildes seinen scheinbaren Glanz im Verhältnifs

Digitized by Google

von 360° zum Winkel-Durchmesser der Sonne, d. h. von 720:1, verringern. Die erzeugte Lichtzone hat also in ihrer Mitte einen 720 Mal schwächeren Glanz als das Sonnenbild, welches der nämliche Spiegel in Ruhe reflectiren würde.

In den Anwendungen, die Hr. Talbot von diesem Princip gemacht, werde ich ihn nicht weiter folgen, sondern will zum Beweise dieses Princips übergehen. Hr. Talbot stützt sich dabei auf folgende Betrachtungen.

»Wenn man im Finstern eine glühende Kohle im Kreise herumführt, so erblickt das Auge einen zusammenhängenden Lichtring, und empfängt von diesem Ring genau dieselbe Menge Licht, welche es von der kleinen Oberfläche der ruhenden Kohle empfangen würde. Denn wenn der Ring mehr Licht in das Auge sendete, müfste er auch mehr nach irgend einer andern Richtung senden, und so würde das Zimmer von der bewegten Kohle stärker erleuchtet seyn als von der ruhenden. Wenn also die gesammte Menge des Lichts sich gleich geblieben ist, mufs die scheinbare Intensität desselben sich in demselben Verhältnifs verringern als die scheinbare Fläche des leuchtenden Gegenstandes vergröfsert worden ist. Daraus ergiebt sich das besagte Princip ganz natürlich.«

Diese Schlufsfolge scheint mir wenig beweisend. Denn welche Beziehung giebt es zwischen der Zimmer-Beleuchtung, welche aus der continuirlichen Action des Lichts der Kohle entspringt und der Helligkeit irgend eines Punkts des scheinbaren Ringes, einer Helligkeit, die aus einer Reihe successiver Eindrücke auf einen und denselben Punkt der Netzhaut hervorgeht? Die totale Lichtmenge, welche zum Auge gelangt, bleibt zwar sich gleich, die Kohle mag in Bewegung oder Ruhe seyn; allein im ersten Fall wirkt diefs Licht successiv auf verschiedene Punkte der Netzhaut, und man kann daher a priori nichts über das Resultat einer solchen Wirkung schliefsen. Uebrigens scheint Hrn. Talbot selbst dieser Versuch

Digitized by Google

nicht conclusiv, und er nimmt ein anderes Argument von der Thatsache her, daſs die Farbe, welche eine weiſse, mit einem schwarzen Sector versehene Scheibe durch Rotation erzeugt, sich genau gleich bleibt vom Mittelpunkt bis zum Umfang. Und in der That, da in jedem Abstand vom Mittelpunkt das Verhältniſs zwischen der Vorübergangsdauer des weiſsen und des schwarzen Theils das nämliche ist, so folgt aus dem in Rede stehenden Princip, daſs auch die Farbe die nämliche bleiben muſs. Allein diese Thatsache beweist bloſs, daſs die erzeugte Farbe nur von dem obigen Verhältniſs abhängt, nicht aber, daſs sie durch dieses Verhältniſs gemessen wird. Die scheinbare Helligkeit könnte durch das Quadrat oder durch irgend eine andere Function dieses Verhältnisses gemessen werden, und dennoch würde offenbar die Farbe vom Mittelpunkt bis zum Umfang die nämliche seyn.

Ich will nun in wenigen Worten die Ergebnisse meiner Versuche angeben. Ich habe gesucht einen directen Vergleich anzustellen zwischen der Farbe von weiſsem Papier und der einer Scheibe aus demselben Papier, welche eine gewisse Anzahl schwarzer Sectoren von bestimmter Breite besaſs. Zu dem Ende stellte ich die rotirende Scheibe und das weiſse Papier in ungleichen Abständen von der Flamme Einer Kerze auf, und veränderte einen der Abstände so lange bis die scheinbare Helligkeit beider Gegenstände gleich war. Dann maſs ich die beiden Abstände, und, wie leicht zu ersehen, gab mir nun das directe Verhältniſs ihrer Quadrate das gesuchte Verhältniſs beider Farben. In der That kommt die Aufgabe darauf zurück, das Verhältniſs der Farben beider Gegenstände in der Voraussetzung zu bestimmen, daſs sie gleiche Entfernung von der Flamme besitzen. Nun würde die Helligkeit des weiſsen Papiers in dem Abstande, wo sie der der Scheibe gleich erscheint, sich zu seiner Helligkeit für gleichen Abstand mit der Scheibe verhalten wie das Quadrat dieses letzteren Abstands zum Quadrat des

Digitized by Google

ersteren. Daraus folgt offenbar, dafs, wenn Papier und Scheibe gleichen Abstand haben, die Helligkeit der letzteren sich zu der des ersteren verhält wie das Quadrat dieses Abstands zum Quadrat desjenigen, welchen man dem Papier geben müfste, um seine Helligkeit der der Scheibe gleich zu machen. Diese Beobachtungen sind vieler Genauigkeit fähig, weil man die rotirende Scheibe und das weifse Papier, wenn man sie auf der nämlichen Seite der Flamme aufstellt, so betrachten kann, dafs sich die erstere auf das letztere projicirt, und dann wird ein sehr geringer Unterschied in der Helligkeit merkbar. Wenn indefs dieser Versuch genügende Resultate geben soll, sind folgende Vorsichtsmafsregeln nöthig.

1) Die Abstände müssen ziemlich grofs seyn, damit die Dimensionen der Flamme keinen Einflufs haben, denn der Satz von den Quadraten der Abstände setzt einen Lichtpunkt und keinen leuchtenden Körper voraus.

2) Man darf nur einen Punkt des Scheibenrandes vergleichen mit demjenigen Punkt des weifsen Papiers, neben welchem der erstere sich projicirt, und man mufs die beiden Gegenstände so aufstellen, dafs ihre Flächen senkrecht sind gegen die Strahlen, welche von der Flamme zu diesen beiden Punkten gehen.

3) Natürlich mufs man die Lichtflamme durch einen Schirm für das Auge verdecken, und überdiefs auf alle mögliche Weise dafür sorgen, dafs die beiden zu vergleichenden Gegenstände nur allein von der Flamme Licht erhalten.

Nun mufs zufolge des am Anfange dieses Aufsatzes dargelegten Princips die scheinbare Helligkeit der Scheibe sich zu der des Papiers verhalten wie die Vorübergangsdauer eines weifsen Sectors zur Vorübergangsdauer eines weifsen und eines schwarzen Sectors; oder was dasselbe ist, wie die Winkelbreite eines weifsen Sectors zur Summe der Winkelbreiten eines weifsen und schwarzen Sectors, oder endlich, was auch noch dasselbe ist, wie die Breite

Digitized by Google

sämmtlicher weifser Sectoren zum ganzen Kreisumfang. Wenn also das besagte Princip richtig ist, mufs das obige Verhältnifs gleich seyn dem Verhältnifs zwischen den Quadraten der Abstände der Scheibe und des weifsen Papiers von der Flamme.

Jetzt die Resultate, welche ich durch diese Methode erhielt.

1) Weifse und schwarze Sectoren gleich breit.

	Millimeter.
Abstand des Scheibenrandes von der Mitte der Flamme	400
Abstand des entsprechenden Punktes auf dem weifsen Papier von der Mitte der Flamme	557
Verhältnifs der Quadrate dieser Abstände	0,5157
Verhältnifs zwischen der Summe der Winkelbreiten der weifsen Sectoren zum ganzen Kreisumfang	0,5000
Unterschied zwischen den beiden vorhergehenden Zahlen	+0,0157

Wenn mithin die scheinbare Helligkeit des weifsen Papiers =1 ist, wird die der rotirenden Scheibe, befindlich in derselben Entfernung gedacht, seyen =0,5157 oder sehr nahe gleich ein halb. Nun verhielt sich die Summe der Winkelbreiten der weifsen Sectoren zum Kreisumfang wie 1:2, also mifst diefs letztere Verhältnifs sehr annähernd die Farbe einer solchen Scheibe.

2) Breite der weifsen Sectoren zu der der schwarzen wie 1:2.

	1. Vers. Millim.	2. Vers. Millim.
Abstand des Scheibenrandes	400	400
Abstand des entsprechenden Punkts auf dem weifsen Papier	680	687
Verhältnifs zwischen den Quadraten dieser Abstände	0,3460	0,3390

Digitized by Google

	1. Vers. Millim.	2. Vers. Millim.
Verhältnifs der Summe der Breiten d. weifs. Sectoren zum Kreisumfang	0,3333	0,3333
Unterschied	+ 0,0127	+ 0,0057

3) Breite der weifsen Sectoren zu der der schwarzen wie 7 : 1.

	1. Vers. Millim.	2. Vers. Millim.
Abstand des Scheibenrandes	608	611
Abstand des entsprechenden Punkts auf dem weifsen Papier	651	651
Verhältnifs zwischen den Quadraten dieser Abstände	0,8722	8809
Verhältnifs der Summe der Breiten der weifsen Sectoren zum Kreisumfang	0,8750	0,8750
Unterschied	— 0,0028	+ 0,0059

Die Unterschiede zwischen den Resultaten dieser Versuche und denen, welche das Princip liefert, sind, glaube ich, so gering, dafs man nicht anstehen kann, diefs Princip als durch obige Resultate hinlänglich bewiesen anzusehen.

Zusatz. Zur Vervollständigung der vorstehenden Notiz stehe hier aus den Aufsatz des Hrn. Talbot noch Einiges über die Anwendungen, welche derselbe von seiner photometrischen Methode gemacht hat.

Um nach dieser Methode die Helligkeit eines Körpers zu messen, oder mit dem Grau zu vergleichen, welches eine weifse, mit einem schwarzen Sector bemalte Scheibe bei schneller Rotation liefert, müfste man offenbar aufserordentlich viele Scheiben vorräthig haben, welche, was das Verhältnifs der Fläche des schwarzen Sectors (oder der schwarzen Sectoren, falls ihrer mehre da sind) zur gesammten Oberfläche der Scheibe betrifft, alle möglichen Fälle darböten. Da dieses aber unausführbar ist,

Digitized by Google

so hat Hr. Talbot eine Scheibe construirt, welche für sich allein, wenn man sie in Rotation versetzt, von ihrem Mittelpunkt an bis zum Umfang alle möglichen Abstufungen vom Schwarz bis zum Weiſs in einer dem Abstande vom Mittelpunkt proportionalen Fortschreitung darbietet.

Es ist nämlich eine weiſse Scheibe auf die in Fig. 12 Taf. II abgebildete Art schwarz bemalt, nämlich so, daſs die schwarze Fläche einerseits von einem Radius der Scheibe und andererseits von einer *archimedischen Spirale* begränzt wird. Wenn man die Winkel (von dem senkrechten Radius abwärts nach der Linken gezählt) mit ω bezeichnet und den Fahrstrich der Curve mit ϱ (den Radius der Scheibe dabei zur Einheit genommen), so hat man für diese Curve die Gleichung:

$$\omega = 360 . \varrho,$$

wodurch, wie man sieht, die verlangte Bedingung erfüllt ist. Denn nachdem man die Helligkeit eines Körpers gleich gefunden hat der Helligkeit der rotirenden Scheibe in irgend einem Abstand von ihrem Mittelpunkt, so braucht man nur diesen Abstand zu messen, um dadurch auch sogleich die diesem Abstande proportionale Helligkeit des Körpers (in Bezug zur Helligkeit des Weiſs der Scheibe) zu erhalten.

Man kann auch den dunkeln Raum ausschneiden, und die Scheibe, die natürlich von einer undurchsichtigen Substanz gemacht seyn muſs, vor einem Licht von constanter und bekannter Helligkeit rotiren lassen. Dann erscheint das Weiſs natürlich schwarz und die ganze Helligkeits-Abstufung ist umgekehrt; sonst bleibt alles gleich.

Hr. Talbot hat das Instrument auch dahin verändert, daſs er dem von der Spirale eingeschlossenen Raum und dem übrigen Theil der Scheibe andere Farben als die schwarze oder weiſse giebt, wobei er dann den ersten aus einem besonderen Stück Papier schneidet und auf die mit der Grundfarbe bemalte Scheibe legt. Nimmt

Digitized by Google

man z. B. den Spiralraum blau und die Scheibe gelb, so erhält man bei Rotation der Scheibe nahe am Mittelpunkt reines Blau, nahe am Umfang reines Gelb, und zwischen beiden irgendwo eine neutrale Farbe (wie sich Hr. T. ausdrückt). Der Abstand dieser neutralen Farbe vom Mittelpunkt ist nach der Intensität der componirenden Farben verschieden, und giebt, wenn er gemessen wird, das Verhältnifs an, nach welchen die letzteren die neutrale Farbe gebildet haben [1]).

Ein anderes von Hrn. Talbot vorgeschlagenes Mittel, variable Verdunklungen hervorzubringen, besteht darin, dafs man zwei Scheiben von Pappe oder Metall, die eine beliebige aber gleiche Anzahl sectorenförmiger Ausschnitte enthalten, vor einer leuchtenden oder erleuchteten Fläche um eine gemeinschaftliche Axe rotiren läfst. Hat jede Scheibe z. B. 18 Ausschnitte von 10°, so wird, da $10° \times 18 = 180° =$ der halben Scheibenfläche, der leuchtende Körper um die Hälfte verdunkelt, sobald die Ausschnitte beider Scheiben genau coincidiren; jede gröfsere Verdunklung läfst sich dann durch Verschiebung der einen, zu dem Ende auf der Axe drehbar gemachten Scheibe erlangen, da dadurch die Ausschnitte für den Durchgang des Lichts in jedem beliebigen Verhältnifs schmäler gemacht werden können.

Ein drittes, von Hrn. T. empfohlenes Mittel beruht auf der Anwendung eines *rotirenden Spiegels*, mit welchem man das Bild eines leuchtenden Gegenstandes rasch im Kreise herumführt. Ist das Auge so gestellt, dafs es bei jedem ganzen Umlauf des Spiegels einmal von den reflectirten Strahlen getroffen wird, und hat die Rotation eine solche Schnelligkeit, dafs es die Unterbrechungen des Lichts nicht wahrnimmt, so wird es ein stetiges Bild vom leuchtenden Gegenstand erblicken, dessen Helligkeit

1) Zur Anstellung derartiger Versuche würde offenbar der Busolt'sche Kreisel (Annal. Bd. XXXII S. 656) ein ganz vortreffliches Hülfsmittel darbieten. *P.*

Digitized by Google

sich zur Helligkeit des Gegenstandes verhält, wie der Kreisumfang zur Winkelbreite dieses Gegenstandes, abgesehen dabei von der durch die Reflexion veranlafsten Lichtschwächung, die natürlich verschieden ist nach dem Winkel unter welchem das Auge die Strahlen von dem Spiegel empfängt. Da die Sonne etwa einen halben Grad im Durchmesser besitzt, so würde sie eine Lichtzone erzeugen, deren Helligkeit in der Mitte sich zur Helligkeit des Sonnenbildes verhielte wie 0,5 zu 360, also 720 Mal geringer wäre [1]). Die Helligkeit dieser Lichtzone würde indefs noch viel zu grofs seyn, um sie mit der Helligkeit irgend eines leuchtenden Körpers auf der Erde vergleichen zu können. Deshalb schlägt Hr. T. vor, die so erzeugte Lichtzone nochmals auf angezeigte Art zu schwächen, entweder durch einen zweiten rotirenden Spiegel oder durch Rotation einer mit Oeffnungen versehenen undurchsichtigen Scheibe. Da die Helligkeit der ersten Zone von der Mitte aus abnimmt, so mufs man dabei mittelst eines Diaphragma den mittleren Theil derselben abgränzen, so dafs nur Licht von diesem auf die Scheibe oder den zweiten Spiegel fallen kann.

Endlich bemerkt Hr. Talbot noch, dafs das von ihm vorgeschlagene photometrische Princip zur *Messung hoher Temperaturen* angewandt werden könne. Er meint, wenn man ein Thermometer auf dem Umfange eines Rades befestigte, so dafs es bei schneller Rotation dieses Rades auf die Dauer irgend eines Bruchtheils der Rotationszeit, z. B. während eines Hundertel derselben, dem Einflufs der hohen Temperatur eines benachbarten Körpers, z. B. einer glühenden Kanonenkugel, ausgesetzt wäre, und man sähe dabei das Thermometer 5° steigen — oder wenn man Thermometer und glühende Kugel in Ruhe liefse, und zwischen beiden eine durchbrochene

1) Von der Mitte aus ist die Helligkeit des Bildes natürlich geringer im Verhältnifs der dem Abstande von der Mitte entsprechenden Sehne eines Kreises zum Durchmesser desselben.

Scheibe, an der die ausgeschnittenen Theile sich zu den stehen gebliebenen wie 1 zu 100 verhielten, in Rotation versetzte, und man nähme dabei eine gleiche Temperaturerhöhung gewahr — so würde man schliefsen können, dafs das Thermometer, im ersten Fall bei Ruhe in dem der Kugel zunächst liegenden Punkte, und im zweiten Fall bei Abwesenheit der rotirenden Scheibe, um 500° gestiegen wäre.

Dieser Grundgedanke ist gewifs recht sinnreich, aber es fehlt unstreitig noch viel daran, ihn zur Ausmittlung der Temperatur glühender Körper anwenden zu können.

P.

V. *Ueber das Verhalten von Kohle gegen das Licht; von* Degen,

Professor an der polytechnischen Schule in Stuttgart.

Legt man ein gröfseres Stück gut gebrannter Tannenkohle auf eine Schicht glühender Kohlen in einem Windofen und verschliefst dann alle Oeffnungen, so dafs blofs ganz wenig Luft unter den Rost dringen kann, so geschieht die Verbrennung dieses Stücks blofs durch Zersetzung von Kohlensäure, und man findet nach dem Erlöschen des Feuers, dafs das, was dann noch übrig ist, sich ganz oder theilweise in eine Masse aufgelöst hat, die aus lauter Fasern besteht, welche fast gar keinen Zusammenhang mehr unter einander haben.

Betrachtet man diese Fasern unter einem Mikroskop (ich bediente mich hiezu eines Plössl'schen), so findet man, dafs sie runde Gefäfse sind. Sie sind bald mehr, bald weniger durchsichtig, und ihre Farbe im durchgehenden Licht ist gelbbraun. Ihre Dicke ist im Verhältnifs zu ihrem Durchmesser sehr unbeträchtlich, was

daraus hervorgeht, dafs sich ihre Wände biegen und falten lassen, ohne sogleich zu zerbrechen.

In Fig. 5 Taf. III ist ein solches Gefäfs abgebildet, welches abgebrochen ist, dessen beide Stücke aber in *a* noch zusammenhängen. Man bemerkt sehr deutlich, wie die Durchsichtigkeit mit der Zahl der hinter einander liegenden Röhrenwände abnimmt; in *b* nämlich ist die Wand einfach, weil man in die Röhre hineinsieht, in *c* doppelt, in *d* und *a* dreifach, und in *e* vierfach. Diese Gefäfse haben an der Seite runde Löcher, deren Rand dikker ist als die übrigen Röhrenwand, und eine Art Saum bildet. Fig. 6 Taf. III zeigt die Enden von zwei neben einander liegenden Gefäfsen. *a*, *a* sind Löcher, welche auf der dem Beobachter zugekehrten Seite liegen, *b*, *b* solche, die sich auf der abgekehrten Seite befinden, und die man blofs durch die Gefäfswand hindurchsieht; *c*, *c* sind gröfsere Löcher in der Vorderseite, welche keinen Saum haben, und durch die man die Löcher *d*, *d* der Rückseite sieht. Fig. 7 Taf. III stellt ein abgebrochenes und Fig. 8 die Hälfte eines in der Längenrichtung zerspaltenen Gefäfses dar.

Einige Gefäfse wurden der Weifsglühhitze ausgesetzt, indem sie, in dünne Platinfolie sorgfältig eingewickelt, in die Löthrohrflamme gehalten wurden. Sie verloren dadurch etwas an ihrer Durchsichtigkeit, und wurden viel spröder, so dafs sie sich nicht mehr krümmen und biegen liefsen, ohne zu zerbrechen. Fig. 9 zeigt ein Fragment einer solchen weifsglühend gemachten Röhre.

Der Durchmesser derjenigen dieser Gefäfse, welche ich mafs, betrug 0,0126 bis 0,00233 Millimeter.

Bemerkenswerth ist die Erscheinung, welche man wahrnimmt, wenn man das Mikroskop durch eins dieser Löcher nach einem *entfernten* Gegenstand richtet. Man sieht dann nämlich diesen entfernten Gegenstand mit dem Mikroskop ganz deutlich, und zwar erblickt man nicht blofs *Ein* Bild von demselben, sondern *zwei*. Das eine

Bild steht *aufrecht* und liegt etwa 0,01 *hinter* der Oeffnung; es ist wenigstens so deutlich, dafs man ein Fensterkreuz ganz deutlich erkennen kann. Das zweite Bild steht *umgekehrt*, und zwar *vor* der Oeffnung; es ist undeutlicher als das erstere. Die Bilder erscheinen, wenn man die Löcher von der Lage aus, wo man ihre Ränder am deutlichsten sieht, mittelst der Mikrometerschraube dem Objectglase des Mikroskops etwas nähert oder entfernt [1]).

Nachdem ich die Durchsichtigkeit der Kohle an diesen Gefäfsen bemerkt hatte, suchte ich sie auch an anderen Kohlenarten zu entdecken.

Zerriebene gewöhnliche Holzkohle zeigte keine Spuren von Durchsichtigkeit, was offenbar darin seinen Grund hatte, dafs man durch Zerreiben keine Fragmente erhalten kann, die bei gröfserer Dünne noch eine solche Ausdehnung besitzen, um mit Deutlichkeit etwas daran beobachten zu lassen.

Verkohlter Flachs liefs auch keine Durchsichtigkeit bemerken, weil er nicht aus Röhren, sondern aus massiven Cylindern besteht.

1) Die eben vom Hrn. Verfasser beschriebene Erscheinung gehört offenbar zur Klasse der Diffractionsphänomene und verdient beachtet zu werden. Es ist nämlich im Allgemeinen zwar nicht unbekannt, dafs man durch ein kleines Loch in einer Karte entfernte Gegenstände mittelst einer Loupe deutlich sehen kann; allein ich weifs nicht, ob man schon beobachtet habe, dafs dabei zwei Bilder von dem Gegenstande entstehen, ein aufrechtes und ein umgekehrtes. Gerade dieser Umstand aber verleiht der Beobachtung erst eigentlich ein theoretisches Interesse, denn er beweist unläugbar, dafs die Erscheinung ein Beugungsphänomen ist, dafs das eine Bild, das aufrechte, aus den innern hellen Fransen entsteht, das andere, umgekehrte, aber aus den äufsern (zur Axe des Lochs gebogenen) hellen Fransen, die erst nach ihrer Durchkreuzung zum Objectiv des Mikroskops gelangen. Beide Bilder werden offenbar von *discreten* Strahlen gebildet, d. h. von Lichtstrahlen, welche durch die dunkeln Fransen von einander getrennt sind. *P.*

Digitized by Google

Verkohlte Baumwolle war an wenigen Stellen schwach durchscheinend, was mit ihrer bandförmigen Gestalt im Zusammenhange steht.

An Graphit, sowohl natürlichem als künstlichem, konnten blofs unsichere Spuren von Durchscheinenheit entdeckt werden. Dieses rührt wohl daher, dafs es aufserordentlich schwierig ist, ihn durch Reiben in sehr dünne Blättchen zu trennen.

Eine dünne Rufsschicht auf einer Glasplatte, die mit Kohlenpulver umgeben, geglüht worden war, um der vollständigen Verkohlung sicher zu seyn, war ziemlich durchsichtig, und hatte eine gelbbraune Farbe.

Eine Schicht von Schellackfirnifs auf einem Glasplättchen, welche in einem mit Kohlenpulver gefüllten Tiegel verkohlt wurde, war nicht blofs durchscheinend und hell gelbbraun, sondern zeigte auch, gleich den dünnen Plättchen anderer durchsichtiger Körper, Regenbogenfarben.

Die Kohle ist also unter die *durchsichtigen* Körper zu zählen, und dafs sie in etwas dickeren Schichten nicht durchsichtig ist, liefse sich vielleicht durch die Annahme eines eingemengten fremden Stoffes erklären. Man könnte sich z. B. vorstellen, die gewöhnliche Holzkohle verliere ihre gröfsere Durchsichtigkeit durch die Einmengung derjenigen Metalle, deren Oxyde nach der Verbrennung die Asche bilden, ungefähr so, wie eine Boraxperle durch die Einmengung von reducirtem Nickel.

VI. *Notiz über die optischen Eigenschaften des ameisensauren Kupferoxyds; vom Dr. J. Müller in Darmstadt.*

In dem XXXV. Bande Stück 1 dieser Annalen giebt Hr. Professor Neumann Nachricht von einer, zuerst von Hrn. Professor Nörrenberg in Tübingen entdeckten, höchst merkwürdigen Eigenthümlichkeit des Gypses in Beziehung auf die gegenseitige Lage der optischen Axen für die verschiedenfarbigen Strahlen, indem er sagt, daſs das Ansehen der beiden Ringsysteme ganz und gar von einander verschieden sey. Eben so hat er gefunden, daſs die Ringsysteme der optischen Axen im Adular überhaupt ungleich gefärbt sind, und daſs ihre blaue und ihre rothe Seite in derselben Richtung liegen. Die Bearbeitung einer Gypsplatte, um diese Beobachtung daran zu machen, ist äuſserst schwierig, und selbst bei der sorgfältigsten Bearbeitung wird es, wegen der groſsen Weichheit dieses Minerals und wegen seiner leichten Spaltbarkeit, wohl selten gelingen, daſs man es dahin bringt, die Ringsysteme vollkommen rein und unverworren zu sehen. Auch im Adular erscheinen die Ringsysteme verzogen und nur höchst selten regelmäſsig, es blieb deſshalb zu wünschen, einen Krystall zu finden, der diese Eigenthümlichkeit hat, und in welchem zugleich die Ringsysteme vollkommen scharf und bestimmt erscheinen. Ein solcher Krystall ist das ameisensaure Kupferoxyd.

Die Krystalle des ameisensauren Kupfers gehören ebenfalls dem zwei- und eingliedrigen Ringsystem an, und kommen meistens in der, in Fig. 10 Taf. III abgebildeten Form vor [1]). Die Spaltbarkeit ist sehr voll-

1) Die Buchstaben in dieser Figur sind ganz in der Bedeutung gebraucht, wie in Rose's Elementen der Krystallographie.

kommen, und mit den Flächen *c* parallel. Als ich einige kleine Krystalle in optischer Hinsicht untersuchte, fand ich, dafs die eine optische Axe fast perpendiculär auf der Richtung der Spaltbarkeit steht; legt man daher ein abgespaltenes Blättchen zwischen Turmalinplatten, so beobachtet man ein sehr schönes Ringsystem, welches wegen der starken doppelten Brechung dieses Salzes auch in sehr dünnen Blättchen noch ganz übersehen werden kann. Die Ringe sind fast vollkommen kreisförmig, und wenn man den Krystall so zwischen gekreuzte Turmaline legt, dafs das schwarze Büschel mit der Polarisationsebene des einen zusammenfällt, so findet man die Farben in Beziehung auf dieses Büschel symmetrisch vertheilt. Des leichteren Ausdrucks wegen nehme ich an, der Krystall sey so gelegt, dafs das schwarze Büschel in wagerechter Richtung das Gesichtsfeld durchschneidet, so ist die Färbung nach der eben gemachten Bemerkung über und unter den Büschel symmetrisch vertheilt, denken wir uns aber die Figur durch eine verticale Linie in der Mitte durchschnitten, so ist die Färbung der rechten Hälfte von der andern verschieden. In der einen Hälfte herrscht im innersten Ring *Blau*, in der andern *Roth* vor. Dreht man nun den Krystall um eine Axe, welche auf der Richtung des Büschels senkrecht steht, so dafs man die rothe Hälfte der Ringe gleichsam von sich abwendet, so erscheint bald das zweite Ringsystem, welches ein von dem zuerst betrachteten abweichendes Ansehen hat. Die Ringe erscheinen nicht rund, sondern elliptisch, das Büschel ist gegen die Mitte der Ringe nicht mehr schwarz, sondern bildet auf der einen Seite einen *blauen*, auf der andern einen *gelbrothen* Keil. War in dem zuerst betrachteten Ringsystem blau auf der linken Seite vorherrschend, so liegt nun auch der blaue Keil auf der linken Seite.

Aus den hier mitgetheilten Beobachtungen ist es leicht die gegenseitige Lage der optischen Axen für verschie-

Digitized by Google

denfarbige Strahlen zu bestimmen. In dem zuerst betrachteten Ringsystem ist die Axe der blauen Strahlen diejenige, welche dem andern System zugekehrt ist, in dem zweiten Ringsystem aber ist es die Axe der rothen Strahlen. Sämmtliche Axen der verschiedenfarbigen Strahlen liegen übrigens in einer Ebene.

Die Kleinheit der Krystalle, welche mir zu Gebote standen, hinderte mich Messungen anzustellen, die man an einigermafsen vollkommneren Stücken sehr gut anstellen könnte. Unter den bis jetzt bekannten Krystallen, welche diese Eigenthümlichkeit in der Lage der optischen Axen verschiedenfarbiger Strahlen besitzen, möchte wohl das ameisensaure Kupfer für genaue Messungen am geeignetsten seyn.

Nach ungefähren Bestimmungen beträgt der Winkel der optischen Axen etwa 37° [1]).

VII. *Ueber die specifische Wärme der im Wasser löslichen Salze; von F. Rudberg.*

(Ein im Berzelius'schen Jahresbericht, No. 15 (von 1834), enthaltener und vom Verfasser selbst mitgetheilter Auszug aus seiner ausführlichen Abhandlung über diesen Gegenstand.)

Ich habe mir vorgenommen, die bei Auflösung eines Salzes in Wasser in Betracht kommenden thermischen Elemente zu bestimmen, nämlich die *specifische Wärme*, die *latente* oder *Schmelzungswärme*, durch welche das Salz flüssig wird, und die *Lösungswärme*, d. h. die Temperaturveränderung, welche bei der Lösung eines Salzes entsteht. Es hatte Wahrscheinlichkeit, dafs der Vergleich der numerischen Werthe dieser beiden letzteren Wärmemengen zu einigen entscheidenden Resultaten führen

1) Anderweitige Beobachtungen dieser Art, namentlich in Betreff der ein- und eingliedrigen Krystalle, wurden bereits S. 380 des vorigen Hefts mitgetheilt. *P.*

werde. Denn erstlich würde, im Fall das Salz keine chemische Verbindung mit dem Wasser eingeht, der Vergleich zeigen, ob die bei Auflösung des Salzes in Wasser verschwindende Wärme gleich ist der Schmelzungswärme, oder, was wahrscheinlicher ist, von ihr abweicht. Im Fall das Salz sich chemisch mit dem Wasser verbindet, würde der Vergleich zeigen, ob das chemisch gebundene Wasser in der Veränderung mit dem Salze *Einen* festen Körper ausmacht, oder, mit anderen Worten, eine Verbindung ausmacht, welche als solche vom Wasser aufgelöst wird. Im letzten Fall sind zwei Versuche erforderlich, einer mit wasserfreiem Salze unter Beobachtung der entbundenen Wärme, und ein zweiter mit wasserhaltigem krystallisirten Salze unter Beobachtung der absorbirten Wärme. Bei dem Versuche, die Wärme zu ermitteln, welche bei Auflösungen entbunden oder gebunden wird, habe ich gefunden, dafs man dabei zugleich die specifische Wärme des Salzes bestimmen kann. Zu diesem Zweck habe ich mich der folgenden Methode bedient, welche, auf keiner Art von Hypothese über die Natur der Auflösung beruhend, einfach und allgemein anwendbar ist.

Es sey M die Wassermasse, worin man ein Salz auflöst, T deren Temperatur, m, t, c respective die Masse, Temperatur und specifische Wärme des Salzes, bei letzterer die des Wassers zur Einheit genommen, τ die Temperatur der Flüssigkeit nach vollendeter Auflösung, und λ die dabei gebundene oder entbundene Wärmemenge. Die letztere Gröfse λ ist, der allgemeinen Annahme nach, zusammengesetzt aus: 1) der bei Auflösung des Salzes latent werdenden Wärme, 2) aus der durch Volumsveränderungen sich entwickelnden Wärme, und 3) aus der durch die chemische Verbindung erzeugten Wärme, falls das Salz eine solche Verbindung eingeht. Ohne hier in Erwägung zu ziehen, wie die eine oder andere dieser Gröfsen für sich gefunden werden könne, reicht die Be-

Digitized by Google

merkung hin, dafs die Summe derselben (positiv oder negativ) *nothwendig* erstens der Salzmasse proportional, und zweitens auch unveränderlich dieselbe ist, sobald das Verhältnifs des Salzes zu dem Wasser nicht geändert wird. Wenn also zwei Versuche gemacht worden sind, bei denen *diefs Verhältnifs constant*, die *Temperatur des Salzes aber ungleich* ist, — die Temperatur des Wassers mag *übrigens* in beiden Versuchen entweder gleich seyn oder nicht — so hat man in dem ersten Fall:

$$M'(T'-\tau')+m'c(t'-\tau')=m'\lambda,$$

oder da $M'=\mu m'$:

$$\mu(T'-\tau')+c(t'-\tau')=\lambda,$$

und im letzteren Fall:

$$\mu(T''-\tau')+c(t'-\tau'')=\lambda.$$

Eliminirt man λ aus diesen beiden Gleichungen, so erhält man den Werth von c oder der specifischen Wärme des Salzes.

Folgende Resultate mögen hier als Probe meiner Resultate angeführt werden:

A. Auflösungen von Kochsalz.

Versuch.	Temperatur des			Gewicht des		Salz auf 100 Th. Wasser.
	Salzes.	Wass.	der Lösung.	Wassers.	Salzes.	
1	15°,29	1°,0	13°,95	76g,595	5g,955	7,775
	15 ,69	43 ,2	14 ,906	76 ,635	5 ,905	7,705
2	15 ,26	0 ,5	13 ,28	61 ,575	8 ,125	13,195
	15 ,06	43 ,6	14 ,07	64 ,700	8 ,400	12,983
3	15 ,914	0 ,5	13 ,047	80 ,540	25 ,540	31,711
	15 ,867	49 ,5	15 ,559	80 ,535	25 ,105	31,172
4	17 ,053	0 ,6	14 ,889	80 ,575	12 ,430	15,427
	17 ,267	45 ,3	16 ,296	80 ,570	12 ,385	15,372

Hieraus ergeben sich durch Rechnung folgende Werthe für c und λ:

Digitized by Google

Salz auf 100 Th. Wasser.	c.	λ.
7,740	0,1725	15,002
13,089	0,1744	12,776
15,400	0,1781	11,483
31,441	0,1732	6,867

Der Mittelwerth von c ist also $=0,1743$. Der Werth von λ ist dagegen ganz veränderlich für das Kochsalz, und nimmt, merkwürdig genug, mit der Menge des Salzes ab [1]). Wenn die Lösung des Salzes nicht mehr als 4 Th. Salz auf 100 Th. Wasser enthält, ist der Werth von $\lambda = 16,8$. Beim Maximum des Salzgehalts scheint dessen Werth $=3,4$ und beim Minimo $=18,6$ zu seyn.

B. Auflösungen von schwefelsaurer Talkerde mit Krystallwasser.

Versuch.	Temperatur des			Gewicht des		Salz auf 100 Th. Wass.
	Salzes.	Wass.	der Lösung.	Wass.	Salzes.	
1	15°,872	1°,80	13°,08	60g,085	9g,900	16,476
	15 ,997	28 ,00	14 ,413	60 ,075	9 ,910	16,496
2	16 ,247	2 ,00	10 ,747	58 ,975	19 ,700	33,404
	16 ,180	29 ,00	13 ,080	59 ,000	19 ,705	33,398
3	16 ,538	2 ,25	8 ,705	58 ,040	29 ,305	50,491
	16 ,872	26 ,00	11 ,997	58 ,055	29 ,240	50,366

Diese Versuche geben:

Salz in 100 Th. Wasser.	c.	λ.
16,486	0,2954	13,615
33,400	0,2912	13,918
50,428	0,2852	13,672

1) Dieser Umstand kann davon herrühren, daſs sich das Kochsalz wirklich mit Wasser verbindet, wiewohl diese Verbindungen bei gewöhnlicher Temperatur der Luft nicht in starrer Form erhalten werden können. Fuchs hat eine solche entdeckt, die bei —10° anschieſst.

Der Mittelwerth von c ist also $=0{,}2906$ und λ ist hier eine constante Gröfse. Hiebei ist keine Correction angebracht für die Wärme, welche das Gefäfs, worin die Lösung geschieht, aufnimmt. Der absolute Werth von c weicht also etwas von der angegebenen Zahl ab; allein das Angeführte ist auch blofs als ein Beispiel von der Methode anzusehen.

Wir wollen nun mit Vernachlässigung des Theils von λ, welcher aus der durch Volumsänderung bewirkten Wärmeveränderung besteht, die Bestimmung der beiden andern Theile von λ in Betracht ziehen.

Wir wollen dabei die in Wasser löslichen Körper in zwei Klassen theilen, in solche, welche chemisch gebundenes Wasser aufnehmen, und in solche, welche es nicht thun.

A. Salze, welche Wasser binden.

Bei diesen ist der Werth von λ der Unterschied zwischen der Wärme, welche bei Verbindung des Salzes mit einer Portion Wasser entbunden wird. Nennen wir also die erste dieser Wärmen L und die letztere l, und bedeutet m die Menge des Salzes, so wie μ die mit m sich verbindende Wassermenge, so hat man:

$$m\lambda = mL - (m+\mu)l,$$

oder wenn $\mu = \nu m$:

$$\lambda = L - (1+\nu)l.$$

Den Zahlenwerth von λ erhält man durch zwei Versuche, bei denen man das wasserfreie Salz auflöst, und auf dieselbe Weise findet man den Werth von l, wenn man das wasserhaltige auflöst. Sobald diese beiden Werthe bekannt sind, findet man durch obige Gleichung den Werth von L, welche Gröfse ich die *Verbindungswärme* nenne. Eben so nenne ich l oder die bei Auflösung absorbirt werdende Wärme die *Lösungswärme*, um sie von der *Schmelzungswärme* zu unterscheiden, nämlich der, welche beim Schmelzen eines Körpers latent wird, und

Digitized by Google

welche sich auf dieselbe Weise bestimmen läfst, die ich zur Bestimmung der latenten Wärme des geschmolzenen Zinns und Bleis angewandt habe [1]).

Um diefs deutlicher zu machen füge ich einige Versuche mit wasserfreier schwefelsaurer Talkerde hinzu:

Versuch.	Temperatur			Salz auf 100 Th. Wasser.
	des Wassers.	des Salzes.	der Lösung.	
1	15°,205	39°,8	27°,330	8,065
	15 ,330	2 ,0	27 ,080	8,054
2	16 ,445	47 ,5	25 ,580	5,913
	16 ,480	0 ,4	25 ,372	5,931
3	15 ,330	35 ,25	19 ,455	2,748
	15 ,080	1 ,0	19 ,080	2,722

Durch Berechnung dieser Versuche findet man:

Salz auf 100 Th. Wasser.	c.	λ.
8,059	0,1185	148,852
5,922	0,0934	152,258
2,735	0,0916	148,657

Der Mittelwerth von c ist also $=0,1011$ und der von $\lambda = 149,922$. Nach dem oben Angeführten ist $l=13,735$. Wenn die schwefelsaure Talkerde sich mit 7 Atomen Wasser verbindet, wird $\nu=1,0366$, woraus $L=177,895$.

Das Endresultat ist also:

Specifische Wärme des wasserfreien Salzes	0,1011
- - - wasserhaltigen Salzes	0,2906
Lösungswärme	13,735
Verbindungswärme	177,095

Die letztere Wärme, auf diese Weise in einer Zahl bestimmt, giebt, wenn ich anders nicht irre, einen klaren Begriff und vielleicht auch ein relatives Maafs von

1) *Kongl. Acad. Vetensk. Handl.* 1829 (diese Annalen, Bd. XIX S. 125).

der Intensität der Kraft, welche chemische Verbindungen hervorbringt, oder vielmehr ein Maafs der Quantitäten von $-E$ und $+E$, die im Verbindungsaugenblick neutralisirt werden.

B. Salze, welche kein Wasser binden.

Bei diesen giebt λ unmittelbar die Lösungswärme.

VIII. *Beobachtungen der magnetischen Variation am* 1. *April* 1835, *von fünf Oertern.*

Bei der stets zunehmenden Anzahl der Theilnehmer an den verabredeten magnetischen Beobachtungen, und der dadurch gesicherten Aussicht, in Zukunft immer interessantere und fruchtbarere Resultate zu erhalten, scheint es zureichend, wenn von den letzten, bisher vorgekommenen Terminen nur das, was ein besonderes Interesse darbietet, hier in graphischer Darstellung (Taf. IV) mitgetheilt wird. Wir geben hier eine solche von dem Nebentermin am 1. April d. J., in den Beobachtungen von Copenhagen, Altona, Göttingen, Leipzig und Rom. Am letzteren Orte haben die Hrn. Sartorius und Listing mit demselben Apparat beobachtet, den sie im November v. J. in Mailand gebrauchten. Diese Darstellung bedarf einer weiteren Erläuterung nicht. Nur darauf wollen wir aufmerksam machen, dafs die nach einerlei Maafsstab in Bogentheilen gezeichneten Bewegungen in Copenhagen am gröfsten, in Rom am kleinsten sind; dafs der letztere Umstand wegen der gleichzeitigen Eruption des Vesuvs eine besondere Merkwürdigkeit hat, in sofern er in Beziehung auf einen in solcher Nähe vielleicht erwarteten Einflufs der bei letzterer Naturerscheinung thätigen Kräfte auf die Magnetnadel ein negatives Resultat giebt; end-

endlich drittens, dafs die, wenn auch sehr kleine Versenkung, die sich in Altona, Göttingen, Leipzig und Rom so übereinstimmend zeigt, in Copenhagen wahrscheinlich wenigstens eben so sehr sich gezeigt haben würde, wenn nicht diesmal daselbst nur von 10 zu 10 Minuten beobachtet wäre. Es bestätigt sich also dadurch die schon früher gemachte Bemerkung, dafs das Aufzeichnen in sehr kleinen Zeitintervallen bei diesen Beobachtungen sehr wünschenswerth ist. In Göttingen werden die Aufzeichnungen jetzt immer in den Huptterminen von fünf zu fünf, in den Nebenterminen von drei zu drei Minuten gemacht, und es darf daher die Bemerkung wohl Platz finden, dafs es, aufser andern Vortheilen, auch die Entwerfung der Zeichnungen erleichtern würde, wenn darin an den andern Oertern, wie es auch an den meisten schon geschieht, eine Gleichförmigkeit beobachtet würde.

Gaufs.

IX. *Ueber die Lichterscheinungen bei der Krystallbildung.*
von Heinrich Rose [1]).

Man hat sehr oft ein Leuchten beim Anschiefsen von Krystallen bemerkt; aber immer ist diese Erscheinung eine zufällige gewesen, und nie, wie ich glaube, hat man sie willkührlich hervorrufen können. Ich habe bei der Bildung von Krystallen der arsenichten Säure ein starkes Leuchten gesehen, welches sich von dem beim Krystallisiren anderer Substanzen dadurch unterscheidet, dafs man es zu jeder Zeit willkührlich hervorzubringen im Stande ist.

Man nehme zwei bis drei Quentchen der arsenichten Säure von glasartiger Beschaffenheit, übergiefse sie

1) Gelesen in der Academie der Wissenschaften am 30. Juli 1835.

in einem Kolben von weifsem Glase mit drei Loth nicht rauchender Chlorwasserstoffsäure von gewöhnlicher Stärke, und einem Loth Wasser, bringe das Ganze in's Kochen, lasse es zehn Minuten oder eine Viertelstunde kochen, und erkalte es dann möglichst langsam, am besten durch sehr allmälige Verkleinerung der Spiritusflamme, deren man sich zum Kochen bedient hat. Wenn an einem dunklen Orte die Krystalle anfangen anzuschiefsen, so ist diefs mit einem starken Leuchten verbunden; die Erzeugung von jedem kleinen Krystall ist mit einem Funken begleitet. Schüttelt man alsdann das Gefäfs, so schiefsen plötzlich sehr viele Krystalle an, und es entstehen zu gleicher Zeit eben so viele Funken. Hat man bedeutende Mengen von arsenichter Säure, z. B. zwei bis drei Loth oder mehr mit der entsprechenden Menge von verdünnter Chlorwasserstoffsäure behandelt, so ist, wenn man gerade den richtigen Zeitpunkt getroffen hat, beim Schütteln das Leuchten der anschiefsenden Krystalle so stark, dafs ein dunkles Zimmer dadurch erleuchtet werden kann.

Es dauert sehr lange, ehe die saure Auflösung der arsenichten Säure aufhört Krystalle abzusetzen. Daher leuchtet die erkaltete Auflösung noch am zweiten und selbst bisweilen am dritten Abend, aber nur aufserordentlich schwach, und nur wenn sie geschüttelt wird. Später ist es indessen nicht möglich ein Leuchten hervorzubringen, ein Beweis, dafs dasselbe nur durch Anschiefsen von Krystallen, nicht durch Reibungselektricität entsteht.

Läfst man die heifse Auflösung der glasartigen arsenichten Säure schnell erkalten, wodurch man eine pulverförmige Masse von arsenichter Säure erhält, so kann man dabei entweder nur eine sehr schwache oder gar keine Lichterscheinung bemerken.

Man kann eben so wenig ein Leuchten beobachten, wenn man die glasartige Säure mit Salpetersäure (von

gewöhnlicher Stärke und auch rauchende) und mit Essigsäure behandelt. Der Grund davon ist aber nur der, daſs diese Säuren zu wenig von der arsenichten Säure auflösen, was besonders bei der Essigsäure der Fall ist, so daſs diese Auflösung durch Schwefelwasserstoffwasser nur schwach gelblich gefärbt wird, ohne einen Niederschlag von Schwefelarsenik abzusondern. — Verdünnte Schwefelsäure hingegen löst durch's Kochen etwas mehr arsenichte Säure auf, und wenn man die Auflösung sehr langsam erkalten läſst, so kann man in der That bisweilen ein schwaches Leuchten bemerken. Behandelt man eine groſse Menge der glasartigen arsenichten Säure mit so wenig Königswasser (welches aber überschüssige Chlorwasserstoffsäure enthalten muſs), daſs erstere nicht vollständig aufgelöst und zu Arseniksäure oxydirt werden kann, so zeigt sich beim Erkalten ein starkes Leuchten.

Die Ursache des Leuchtens beim Anschieſsen von Krystallen schien mir schon seit längerer Zeit die zu seyn, daſs die als leuchtender Krystall sich aus einer Flüssigkeit ausscheidende Substanz nicht als solche in derselben aufgelöst enthalten war, sondern daſs sie sich erst bildete, wenn der Krystall gebildet wurde, und daſs durch die Entstehung der neuen Substanz in krystallinischer Form die Lichterscheinung bedingt wird.

Am häufigsten hat man das Leuchten der Krystalle beim Anschieſsen des schwefelsauren Kalis bemerkt, aber immer nur zufällig, und wohl nie beim Umkrystallisiren von reinem schwefelsauren Kali, sondern, wie ich glaube, nach der Auflösung des Rückstandes von der Bereitung der Salpetersäure. Dieser enthält fast immer anderthalb schwefelsaures Kali, welches sich als solches in Wasser auflöst, aber beim Krystallisiren, nach Phillips, in zweifach und in neutrales schwefelsaures Kali sich zersetzt, und letzteres scheint dann beim Anschieſsen eine Lichterscheinung zu zeigen, indem es sich in der Flüssigkeit bildet und als Krystalle aus derselben ausscheidet.

Bekanntlich kennt man zwei isomerische Zustände der arsenichten Säure; sie ist entweder durchsichtig und glasartig, oder porcellanartig und undurchsichtig. Ursprünglich nach dem Schmelzen ist sie vollkommen durchsichtig, und durch's bloſse Aufbewahren wird sie, ohne eine Gewichtszunahme zu erleiden, milchweiſs und undurchsichtig. In beiden Zuständen hat die Säure ein verschiedenes specifisches Gewicht und eine verschiedene Löslichkeit in Wasser.

Das starke Leuchten bei der Krystallbildung der arsenichten Säure habe ich nur wahrnehmen können, wenn ich glasartige Säure auf die oben erwähnte Weise mit Chlorwasserstoffsäure behandelte. Behandelte ich sowohl porcellanartige Säure, als auch die pulverförmige arsenichte Säure, welche durch's Rösten der arsenikalischen Erze vermittelst Sublimation gewonnen wird, und unter den Namen von Giftmehl im Handel bekannt ist, mit Chlorwasserstoffsäure, so konnte ich beim langsamsten Erkalten entweder kein, oder beim Schütteln des Kolbens nur ein sehr schwaches Leuchten bemerken; im letzteren Falle wahrscheinlich, weil die porcellanartige Säure noch glasartige enthielt. Aber immer war dieſs schwache Leuchten gar nicht mit dem starken zu vergleichen, das sich zeigte, wenn glasartige Säure angewandt wurde. — Das Leuchten beim Anschieſsen der Krystalle der arsenichten Säure scheint also dadurch zu entstehen, daſs aus der Auflösung der glasartigen Säure dieselbe beim Krystallisiren sich in porcellanartige verwandelt. Die gebildeten Krystalle gehören also zu der porcellanartigen Modification; und das Porcellanartigwerden der glasartigen Säure besteht auch in nichts anderem, als darin, daſs die Säure aus einem vollkommen unkrystallinischen in einen krystallinischen Zustand übergeht.

Die erhaltenen Krystalle der arsenichten Sänre, wenn dieselben aus einer sehr langsam erkalteten Auflösung in Chlorwasserstoffsäure anschieſsen, sind zwar durchsichtig,

Digitized by Google

aber diese Durchsichtigkeit verdanken sie wohl nur ihrer Gröfse, und ein Aggregat von sehr kleinen Krystallen der Säure würde ein porcellanartiges Ansehen besitzen. — Die gebildeten Krystalle waren immer reguläre Octaëder, und besafsen nicht die von Wöhler beobachtete Form, welche vielleicht eine dritte isomerische Modification der arsenichten Säure ist.

Wird die glasartige Säure mit Chlorwasserstoffsäure auf die oben angeführte Weise und im angegebenen Verhältnifs behandelt, und haben sich unter Lichtentwicklung nach vollständigem Erkalten die Krystalle abgeschieden, so kann man noch einmal ein Leuchten, bisweilen sogar ein starkes hervorbringen, wenn man das Ganze noch einmal bis zum Kochen erhitzt und langsam erkalten läfst. Doch ist dieses Leuchten weit schwächer als das erste, und entsteht wohl nur daher, dafs in der chlorwasserstoffsauren Auflösung noch glasartige Säure aufgelöst enthalten war, die durch's Krystallisiren das schwächere Leuchten hervorbrachte. Uebrigens ist auch die Quantität der verdünnten Chlorwasserstoffsäure in der oben angegebenen Menge nicht im Stande alle arsenichte Säure aufzulösen, und es bleibt ein kleiner Theil derselben im glasartigen Zustande zurück.

Uebrigens werden durch die Ursache einer neuen Bildung nicht alle Lichterscheinungen erklärt, welche man bis jetzt beobachtet hat, und ich selbst halte diese Hypothese für eine solche, die noch mehr beobachteter Thatsachen bedarf, um für eine wahrscheinliche gehalten werden zu können. So beobachtete Berzelius eine Lichterscheinung beim Krystallisiren von Fluornatrium aus einer Auflösung, welche dieses Salz schon aufgelöst enthielt.

X. *Analyse eines Asbests von Koruk, einem Arm des Pissiksarbik-Fiords in Grönland; von M. Lappe.*

Dieser Asbest hat eine weifse Farbe mit einem Stich in's Röthlichbraune, einen seidenartigen Schimmer, eine lang und geradfaserige Structur; die Fasern trennen sich leicht in sehr feine, etwas stechende und sehr wenig biegsame Fädchen.

Vor dem Löthrohre verhält er sich folgendermafsen: Für sich in der Platinzange wird er schwarz, und schmilzt dann äufserst schwer und nur in feinen Fasern zur schwarzen matten Perle. — Mit Soda auf Kohle giebt er eine bräunliche Schlacke. — Mit Soda auf Platinblech ertheilt er der Soda keine Färbung. — Mit Phosphorsalz giebt er in der äufsern Flamme ein gelbes, erkaltet undurchsichtiges Glas, in der innern Flamme eins, das heifs klar, erkaltet milchweifs ist. — Dem äufsern Ansehn nach unterscheidet sich dieser Asbest demnach wenig von manchem Asbest; seine Schwerschmelzbarkeit jedoch unterschied ihn sehr von den Asbesten, die ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, und die alle in dünnen Splittern leichter zu Perlen flossen.

Dieses Verhalten veranlafste mich zu einer Untersuchung desselben, die, obgleich vielleicht nicht ganz scharf, da ich dieselbe nur einmal machte, doch der Wahrheit sehr nahe kommen möchte, da sie mit aller Sorgfalt gemacht wurde. Die Resultate derselben waren:

Kieselerde	58,48
Eisenoxydul	9,22
Talkerde	31,38
Kalkerde (mit etwas Eisenoxydul)	0,04
Manganoxydul äufserst geringe Spuren Kupferoxyd Thonerde Phosphorsäure? Verlust	0,88
	100,00.

Dieser Asbest weicht demnach auch in seiner Zusammensetzung von den Asbesten, wenigstens von denen, deren Analysen mir bekannt geworden sind, ab, und besonders ist mir kein Asbest bekannt geworden, der eine so geringe Menge Kalk enthielte.

Digitized by Google

XI. *Beiträge zur näheren Kenntnifs der Xanthogensäure und ihrer Verbindungen; von W. C. Zeise* [1]).

Die vorliegende Untersuchung habe ich hauptsächlich in der Absicht unternommen, die *Zusammensetzung* der Xanthogensäure genauer zu ermitteln als es früher von mir geschehen ist. Bei meiner älteren Analyse war nämlich die Wasserstoffmenge nicht direct bestimmt worden, und ein nicht wohl überlegter Zusatz von Borsäure zu dem Kalisalze (dem einzigen Salze, welches ich damals anwandte) hatte die Kohlenstoffmenge sehr unsicher gemacht, weil die Mischung des Salzes mit jener Säure (übereinstimmend mit dem, was ich schon in meiner früheren Abhandlung (von 1825) bemerkt habe) sich schwerlich ohne Verlust einer nicht unbedeutenden Menge Xanthogensäure bewerkstelligen läfst.

Aufserdem habe ich einige andere Versuche mit den hieher gehörigen Stoffen angestellt, theils zur Prüfung einiger Hypothesen über die Zusammensetzungsweise der Xanthogensäure-Verbindungen überhaupt, theils aber zur Erlangung einer näheren Kenntnifs mehrer derselben in verschiedenen anderen Rücksichten. Dieser Theil der Untersuchung ist unstreitig bei weitem nicht vollkommen und vollständig; allein da ich die Fortsetzung derselben wenigstens eine Zeit lang aufschieben mufs, und sie selbst in ihrem mangelhaften Zustande Resultate darbietet, die vielleicht Andern bei Untersuchungen derselben Art nütz-

1) Vom Hrn. Verfasser mitgetheilte Uebersetzung einer der Königl. Dänischen Gesellschaft der Wissenschaften gehörigen, aber noch nicht gedruckten Abhandlung. Ein vorläufiger Abrifs von dieser Untersuchung wurde bereits in Bd. XXXII S. 305 dies. Ann. mitgetheilt. *P.*

Digitized by Google

lich seyn können, so habe ich diese Gelegenheit, dieser Resultate zu erwähnen, nicht unbenutzt lassen wollen. Sie können als (zum Theil, wenn man will, fragmentarische) Zusätze zu meiner ersten hieher gehörenden Arbeit (von 1822) betrachtet werden, welche nur die Bildung, Darstellung und Eigenschaften jener Verbindungen zum Gegenstande hatte.

Analytische Untersuchungen.

§. 1.

Zu den Analysen habe ich angewandt: die Kalium-, Natrium-, Barium-, Blei- und Kupfer-Verbindung, eine vollständige Analyse jedoch nur mit der ersten angestellt.

Das *Kalisalz* wurde dargestellt zum Theil durch Neutralisirung einer alkoholischen Kaliauflösung mittelst Schwefelkohlenstoffs, zum Theil durch allmäliges Hinzuthun einer angemessenen Menge Kalihydrat zu einer alkoholischen Auflösung von Schwefelkohlenstoff. Bei letzterem Verfahren ist die Beimischung eines färbenden Stoffs am wenigsten zu befürchten. Das Eintrocknen geschah im Vacuum, erst über Chlorcalcium und zuletzt gewöhnlich über Schwefelsäure.

Das *Natronsalz* wurde blofs auf erstere Weise dargestellt. Da sich aber nach Verdampfung des Alkohols über Chlorcalcium theils eine völlig ungefärbte krystallinische Masse (davon einiges wie eine Eisrinde, anderes wie wohl gestaltete rhomboidische Blätter aussah), theils eine gelbfarbige büschelförmige Masse gebildet hatte, so wurde erstere wieder in Alkohol aufgelöst und völlig eingetrocknet, letztere aber in Wasser aufgelöst, die Auflösung eingedampft, bis sich ein aus nadelförmigen Krystallen bestehender Brei gebildet hatte. Dieser wurde auf Löschpapier gebracht, durch Drücken zwischen mehrern Lagen desselben gänzlich von dem Färbenden befreit und endlich über Schwefelsäure getrocknet. In dem

Digitized by Google

Folgenden bezeichne ich die erste Portion mit α, die andere mit β.

Die Darstellung der angewandten Portion *Barytsalz* wurde folgendermafsen bewirkt. Zu fein geriebenem wasserfreien Baryt wurde eine Auflösung von Schwefelkohlenstoff in wasserfreiem Alkohol hinzugethan, die Mischung einige Stunden lang fleifsig umgeschüttelt, dann, während die Flüssigkeit noch freien Schwefelkohlenstoff enthielt, filtrirt, und endlich unter wiederholtem Auspumpen so geschwind als möglich über den angeführten Trocknungsmitteln eingetrocknet.

Die *Bleiverbindung* war durch Anwendung von salpetersaurem Bleioxyd und Kalixanthat so erhalten, dafs zuerst jenes im Ueberschufs zu diesem, und dann eine Portion Xanthat hinzugethan wurde, bis letzteres im Ueberschufs war. Nur durch diesen Umweg kann man sicher seyn, ein Product zu erhalten, das sowohl während des Vorhandenseyns jenes Ueberschusses entstanden ist, als sich zugleich durch Filtriren gut absondern läfst. So lange nämlich während des Hinzuthuns der Bleiauflösung noch etwas von der zuerst angewandten Portion Xanthat nicht zersetzt ist, geht der noch sehr fein zertheilte Niederschlag mit der Flüssigkeit durch das Papier; durch das Hinzukommen des Bleisalzes im Ueberschufs wird aber die Flüssigkeit klar, indem der Niederschlag sich in grofse Flocken sammelt, und jetzt ist ein hinzugefügter Ueberschufs von Xanthat, selbst nach gehörigem Umrühren der Flüssigkeit, dem Filtriren nicht hinderlich.

Die *Kupferverbindung* (die, wie unten dargethan werden wird, ein Oxydulsalz ist, wenn jene andern für Oxydsalze genommen werden) kann nicht geradezu mittelst *wäfsriger* Auflösungen rein erhalten werden. Die zu der Analyse bestimmte Portion wurde also dargestellt durch Fällung einer alkoholischen Auflösung des Kalisalzes mittelst einer alkoholischen Auflösung von Ku-

Digitized by Google

pferchlorid, auch mit Anwendung von jenem im Ueberschufs. Der auf dem Filtrum gesammelte Niederschlag wurde ausgewaschen, erst mit Alkohol, bis das Abgelaufene mit Wasser keine Trübung gab, die einem aufgelösten ölichten Körper zugeschrieben werden könnte, und dann mit Wasser bis zur völligen Absonderung von Kaliumchlorid.

Keins von diesen Präparaten war vor der Analyse derselben lange aufbewahrt gewesen.

§. 2.

Durch blofses Stehen über Chlorcalcium in verdünnter Luft können jene Xanthate (das Baryt und vielleicht noch das Natronsalz ausgenommen) auf den Punkt gebracht wurden, dafs sie bei nachheriger Anwendung von Schwefelsäure als Trocknungsmittel nichts oder wenigstens höchst unbedeutend an Gewicht verlieren. Die Blei- und Kupferverbindung können, ohne irgend eine Veränderung zu leiden, in freier Luft denselben Grad von Trockenheit erlangen; und wenigstens das Kalisalz verliert, zufolge mehrer darüber angestellten Versuche, durchaus nichts bei Erhitzung im Destillirapparat, bevor es nicht die Temperatur von ungefähr 200° erreicht, bei der es, unter Rothwerdung, Xanthogenöl giebt. Dafs die übrigen Salze sich höchst wahrscheinlich im Wesentlichen eben so verhalten, wird die Folge lehren. Uebrigens ist hier immer nur die Rede von Quantitäten, deren Gewicht nach gehörigem Stehen über Schwefelsäure in verdünnter Luft bestimmt wurde.

§. 3.

Die Zusammensetzung jener Salze, hinsichtlich des Verhältnisses der Base und Säure ist meistens durch Verwandlung derselben in Sulfate bestimmt worden, und überall habe ich diese durch Digestion, erst mit schwächerer, dann mit stärkerer in mehreren Portionen hinzugefügter Salpetersäure, und Eintrocknen nebst Glühen bis zur völligen Abtreibung der in grofsem Ueberschufs

erzeugten Schwefelsäure bewirkt. In einigen Fällen wurde, in Rücksicht auf die mögliche Verflüchtigung unzersetzter Xanthogensäure, obwohl zum Ueberfluſs, ein wenig Schwefelsäure hinzugethan. Der Anfang ist mit ziemlich schwacher Salpetersäure zu machen, um Verlust durch zu heftige Einwirkung zu vermeiden. Die Verwandlung wurde in demselben Platintiegel vorgenommen, worin das angewandte Xanthat auf's Neue, vor der Bestimmung seines Gewichts, gehörig in verdünnter Luft über Schwefelsäure gestanden hatte. Der Tiegel stand während der Digestion (ja gewöhnlich selbst während des Glühens) in einer gehörig weiten Platinschale, wodurch einem möglichen Verlust, durch Verspritzung, auf das Genauste vorgebeugt werden konnte. Das geglühte Sulfat wurde in einigen Fällen vor der Bestimmung des Gewichts über Schwefelsäure abgekühlt, und in allen den hier benutzten Versuchen war es, bei eigends angestellter Prüfung (unter andern auf beigemischte Kohle), rein befunden worden.

Zu der Zersetzung ist hier Salpetersäure der Schwefelsäure vorzuziehen, denn bei der letzteren entsteht leicht eine Beimischung von Kohle. Dieſs findet, versteht sich, noch mehr statt, wenn man die Verwandlung durch eine einfache Tiegelverbrennung des Xanthats bewirken will.

§. 4.

Die zur obigen Bestimmung gehörenden Versuche waren nun folgende:

a) 0,428 Grm. *Kalixanthat* gaben 0,2325 Grm. schwefelsauren Kalis, also 100 Theile Xanthat 54,3224 Theile Sulfat, und folglich 29,368 Theile Kali.

b) Eine auf gehörige Weise abgewogene Menge einer frisch bereiteten Auflösung von Kalihydrat in Alkohol, die 0,94134 Grm. Kali enthielt [1]), wurde mit Schwe-

1) Das Mengenverhältniſs des Kali in dieser Auflösung bestimmte ich dadurch, daſs ich eine abgewogene Menge sogleich mit Schwefelsäure übersättigte, eintrocknete und glühte, sie dabei nach üb-

felkohlenstoff neutralisirt, und darauf in verdünnter Luft, erst über Kalihydrat, nachher über Schwefelsäure eingetrocknet. Das Gewicht des hervorgebrachten Kalixanthats war 3,233 Grm., welches für 100 Th. Xanthat 29,12 Kali giebt [1]). Wir haben dergestalt für 100 Th. Kalixanthat:

Kali	29,244
Xanthogensäure	70,756

und die Zahl für 1 Grundtheil Xanthogensäure ist darnach also (wenn jenes Salz für eine Verbindung gleicher Grundtheile Base und Säure angenommen wird): 1427,3.

Zu Folge des Hauptresultats der Analyse sind die Grundbestandtheile der Xanthogensäure:

4	Grundtheile	Schwefel	804,660
6	-	Kohlenstoff	458,622
10	-	Wasserstoff	62,397
1	-	Sauerstoff	100,000
			1425,679

und dieses giebt dann für 100 Theile Kalisalz:

Kali	29,268
Xanthogensäure	70,732.

c) 1,582 Grm. *Natronsalz* (*α*) gaben 0,780 Grm. schwefelsauren Natrons, welches für 100 Th. Natronxanthat 21,605 Th. Natron macht.

d) 0,9665 Grm. *Natronsalz* (*β*) gaben bei gleicher Behandlung 0,4735 Grm. Sulfat, welches für 100 Th. Xanthat 21,468 Natron macht.

Das Mittel aus diesen beiden Zahlen ist 21,536, also enthalten 100 Theile Natronxanthat:

licher Weise in dem Dampf von kohlensaurem Ammoniak haltend, bis reines Kalisulfat übrig blieb.

2) Meine älteren (1825 beschriebenen) Versuche, bei denen das Kalisalz durch einen Strom von Salzsäureluft in Kaliumchlorid verwandelt wurde, gaben 29,7 Procent Kali.

Digitized by Google

Natron	21,536
Xanthogensäure	78,464.

Nach jenem Hauptresultat berechnet, erhalten wir:

Natron	21,518
Xanthogensäure	78,482.

e) 1,5415 Grm. *Barytxanthat* gaben 0,949 Grm. Barytsulfat, welches für 100 Xanthat macht:

Baryt	40,402
Xanthogensäure	59,598.

Die Berechnung nach dem Hauptresultat giebt:

Baryt	40,1619
Xanthogensäure	59,8381.

f) 0,9025 Grm. *Bleixanthat* gaben 0,609 Grm. Bleisulfat. Also gab der Versuch für 100 Th. Bleixanthat:

Bleioxyd	49,638
Xanthogensäure	50,362.

Die Berechnung giebt:

Bleioxyd	49,447
Xanthogensäure	50,553.

g) 1,2055 Grm. der *Kupferverbindung* wurden durch Behandlung mit Salpetersäure völlig zersetzt, und die getrocknete Masse erhitzt, bis sie eine Zeit lang einen starken Schwefelsäuredampf gegeben hatte. Dann wurde sie aufgelöst und das Oxyd durch einen Ueberschufs von Kalilauge aus der siedenden Flüssigkeit völlig ausgefällt. Gehörig ausgewaschen und getrocknet, wurde es nun nebst dem Filtrum mit gehöriger Vorsicht erhitzt. Nach dem Glühen wurde ein wenig Salpetersäure hinzugethan und die Masse dann abermals hinlänglich durchgeglüht [1]). Das Gewicht des so erhaltenen Oxyds war, nach Abzug der Asche von dem Filtrum, 0,508 Grm.

1) Diese letzte Behandlung ist, nach meiner Erfahrung, immer in solchen Fällen anzurathen, um Beimischung von Oxydul zu vermeiden, wenn bei der Anwendung eines Platintiegels eine zur Verbrennung der Kohle vom Filtrum hinlängliche Hitze gegeben worden ist.

Digitized by Google

Diefs giebt für 100 Theile des Kupfersalzes 42,14 Kupferoxyd.

Nach dem oben erwähnten Hauptresultat sollten 25,799 Th. Oxyd erhalten worden seyn, wenn jene Verbindung ein Oxydsalz wäre. Aber 42,14 Kupferoxyd geben 38,0 Oxydul, und die Berechnung giebt, wenn die Kupferverbindung für ein Oxydulsalz angenommen wird, 38,824 Oxydul. Unbezweifelt ist also, wie schon bemerkt, diese Verbindung ein Oxydulsalz, und wir haben folglich hier:

	Nach dem Versuche.	Nach der Berechnung.
Oxydul	38,0	38,824
Xanthogensäure	62,0	61,176.

Uebereinstimmend mit dieser, in Bezug auf die andern hier erwähnten Xanthate, anomalen Zusammensetzung zeichnet sich das Kupfersalz, wenn es vermittelst *wäfsriger* Auflösungen zubereitet ist, durch einen eigenthümlichen starken Geruch aus, da hingegen die andern, und namentlich das im wesentlichen auf dieselbe Weise dargestellte Bleisalz, erst bei längerer Aufbewahrung einen Geruch von einiger Bedeutung annehmen. Diesen eigenthümlich riechenden Körper mufs man sich natürlicherweise hervorgebracht denken durch Zersetzung eines Grundtheils Xanthogensäure vermittelst eines Grundtheils Sauerstoff des angewandten Kupferoxydsalzes, oder, wenn man will, zweier Grundtheile Chlor, bei der Anwendung von Kupferchlorid. Er klebt dem durch wäfsrige Auflösungen dargestellten Kupfersalze an, nicht blofs nachdem es lange Zeit der freien Luft ausgesetzt gewesen ist, sondern selbst nachdem es lange, unter wiederholtem Auspumpen, in verdünnter Luft gestanden hat. — Ich habe verschiedene Versuche angestellt, um zu einer näheren Kenntnifs von der Beschaffenheit desselben zu gelangen, bisher aber ohne ein genügendes Resultat.

Mit der zusammengesetzten Wirkung, durch welche

Digitized by Google

das Kupfersalz gebildet wird, steht sicher auch das Phänomen in Verbindung, dafs sich während des Fällens (sowohl bei wäfsrigen als bei alkoholischen Auflösungen) stets einen Augenblick eine schwarzbraune Farbe zeigt, ehe der Niederschlag die gelbe Farbe annimmt, da hingegen der Bleiniederschlag unter denselben Umständen sogleich ungefärbt erscheint. Nur wenn das Xanthat nicht ursprünglich frei vom Sulfuret gewesen, oder bei langer Aufbewahrung damit verunreinigt worden ist, giebt es mit salpeter- oder essigsaurem Bleioxyd einen gefärbten (gewöhnlich röthlichbraunen) Niederschlag, und dann insonderheit bei der Anwendung sehr starker Auflösungen.

§. 5.

Die Bestimmung des Mengenverhältnisses des *Schwefels* habe ich direct nur mit dem Kalisalz vorgenommen, und selbige sowohl analytisch als (gelegentlich) synthetisch bewerkstelligt. Bei der ersteren, die unläugbar die sicherste ist, habe ich dasselbe Verfahren angewandt, dessen ich mich bei der Analyse des Quecksilbermercaptids bediente; ich habe nämlich das Salz zum Behufe seiner Verbrennung nicht blofs mit einem mit kohlensaurem Natron gemischten Kupferoxyd gemengt, sondern auch noch mit einem solchen Gemische überschüttet, dann die Masse verbrannt, durch Sieden mit Wasser gehörig ausgelaugt und nun die filtrirte Flüssigkeit mit Salzsäure übersättigt. Wenn diefs Verfahren mit der in meiner Abhandlung über das Mercaptan [1]) bezeichneten Umsicht ausgeführt wird, giebt es in solchen Fällen ein sehr zuverlässiges Resultat.

Die bei der Bestimmung des Schwefels in ähnlichen Zusammensetzungen gewöhnliche Behandlung mit Salpetersäure oder mit Königswasser, hat, selbst bei Anwendung der möglichsten Vorsicht auf die Nebenumstände, hier bedeutenden Verlust zur Folge. Eben das gilt, und zwar noch mehr, von der unmittelbaren Abtrennung mit

1) S. diese Annalen, Bd. XXXI S. 412.

einem Gemisch von kohlensaurem Natron oder Kali mit Salpeter oder chlorsaurem Kali in einem *Tiegel.*

Auf angegebene Weise gaben nun 0,348 Grm. Kalixanthat (nach Abzug der Asche vom Filtrum) 1,0065 Grm. schwefelsauren Baryts, und dieses macht für 100 Theile Kalixanthat:

Schwefel 39,904.

Nach dem Hauptresultat hätten erhalten werden sollen:

39,9217 Th. Schwefel [1]).

Der hieher gehörige synthetische Versuch ist ein Theil des oben angeführten zur synthetischen Bestimmung der Kalimenge. Als nämlich die in einem wohl zupfropfbaren Glase abgewogene alkoholische Kaliauflösung, worin sich 0,94134 Grm. Kali befanden, durch Schwefelkohlenstoff neutralisirt worden war, hatte sie 1,51 Grm. an Gewicht gewonnen, so dafs folglich 100 Th. Kali zur Neutralisation 160,40 Grm. Schwefelkohlenstoff erfordern würden. Diefs giebt für 100 Th. Kali 134,792 Schwefel, folglich für 29,268 Th. Kali (die Menge des Kali in 100 Th. Kalixanthat nach dem Hauptresultate) und also für 100 Th. Kalixanthat:

Schwefel 39,451 [2]).

§. 6.

Kohlenstoff und *Wasserstoff* wurden bestimmt, sowohl für das Kalisalz als für das Bleisalz. Die Kohlensäure

1) Ein anderer auf dieselbe Weise ausgeführter Versuch, bei dem aber der schwefelsaure Baryt sich fortdauernd etwas gefärbt hielt, (vermuthlich in Folge einer nicht wohl gelungenen Verbrennung des dabei angewandten ziemlich grofsen Filtrums), gab 41 Proc. Schwefel. Mein älterer, auf eine etwas verschiedene Weise angestellter Versuch (s. meine erwähnte Abhandlung) hatte 41,73 Proc. gegeben; aber bei diesem war der aus einer salpetersauren Auflösung erhaltene Niederschlag vermuthlich nicht mit aller in diesem Falle nothwendigen Sorgfalt ausgewaschen worden.

2) Wollte man die bei demselben Versuche gefundene Kalimenge (29,12) zum Grunde legen, so würde die Schwefelmenge 39,25 Procent.

Digitized by Google

säure wurde überall durch Sauerstoffgas, das man aus einer Hinterladung von geschmolzenem chlorsauren Kali und Oxyd entwickeln liefs, völlig aus der Verbrennungsröhre ausgetrieben. Bei einigen Versuchen wurde sie ursprünglich nach dem Maafse bestimmt, bei andern wurde sie geradezu in einer passenden, mit einem Luftsammler verbundenen Rohrvorlage durch Kalilauge aufgefangen [1]).

Den Einflufs des anhangenden Wassers suchte ich bei der Bestimmung der Wasserstoffmenge in den meisten Fällen dadurch zu vermeiden, dafs ich die Hinter- und Vorderladung so heifs als möglich hineinbrachte und die Wassermenge für eine Quantität Oxyd, der zur Mischung angewandten gleich, voraus bestimmte. Die angewandte Sorte Kupferoxyd war übrigens sehr wenig hygroskopisch. — Das Austrocknen durch wiederholtes Auspumpen etc. fand ich hier nicht angemessen; denn eine genaue Mischung von Kalixanthat und Oxyd giebt sogar bei einer Temperatur unter 100° den oben erwähnten Geruch, der das durch wäfsrige Auflösungen dargestellte Kupfersalz auszeichnet. — Alle hier beschriebenen Verbrennungen wurden bei Ofenfeuer vorgenommen.

§. 7.

Die zur Bestimmung des *Kohlenstoffs* gehörigen Resultate sind folgende:

a) 0,2035 Grm. Kalixanthat gaben bei einem Versuche, der ausschliefslich für die Kohlenstoffmenge vorgenommen, und wobei daher die Kohlensäure eigentlich dem Maafse nach bestimmt wurde, 0,1712 Grm. Kohlensäure. Diefs giebt für 100 Th. Kalixanthat:

1) Diese Anwendung des Sauerstoffgases bringt auch das Gute mit sich, dafs man bequemer als sonst das Wasser gehörig in der Röhre vortreiben kann, worauf man bei der Anwendung meiner, an einem anderen Orte beschriebenen, Methode, besonders Ursache hat, Werth zu legen. — Selbst bei einer ziemlich lebhaften Entwicklung des Sauerstoffgases strömte übrigens äufserst wenig, oder keine Kohlensäure durch.

Digitized by Google

Kohlenstoff 23,262.

(Die Vorderladung hatte hier einen Zusatz von braunem Bleioxyd.)

b) 0,313 Grm. Kalixanthat gaben bei einem auf dieselbe Weise ausgeführten Versuche, nur dafs Mangansupetoxyd statt Bleioxyd angewandt wurde, 0,253843 Grm. Kohlensäure. Diefs giebt für 100 Th. Kalixanthat:

Kohlenstoff 22,4252.

c) 0,490 Grm. Kalixanthat gaben bei einem Versuche, der zugleich die Wasserstoffmenge bestimmte, wobei die Kohlensäuremenge geradezu dem Gewichte nach bestimmt und wobei braunes Bleioxyd benutzt wurde, 0,390 Grm. Kohlensäure, also für 100 Th. Kalixanthat:

Kohlenstoff 22,008.

d) 0,423 Grm. *Bleixanthat* gaben 0,2475 Grm. Kohlensäure, ebenfalls unmittelbar durch Wägung bestimmt. Diefs giebt für 100 Th. Bleixanthat 16,179 Kohlenstoff, oder für 100 Th. Kalixanthat:

Kohlenstoff 22,637.

Als directes Erfahrungsresultat haben wir dergestalt durch diese vier Versuche zusammengenommen für 100 Th. Kalixanthat:

Kohlenstoff 22,583.

Die angenommene Zusammensetzung giebt 22,637 Kohlenstoff.

§. 8.

Für den *Wasserstoff* haben wir folgende Resultate:

a) 0,4205 Grm. Kalixanthat gaben bei einem, ausschliefslich für den Wasserstoff, und daher, mit Anwendung einer Vorderladung, der geglühtes kohlensaures Natron zugesetzt war, angestellten Versuche, nach Abzug von 0,005 Grm. für anhangendes Wasser (s. §. 6.), 0,121 Grm. Wasser. Diefs giebt für 100 Th. Kalisalz:

Wasserstoff 3,195.

b) 0,303 Grm. Kalisalz gaben bei einem Versuche, wobei die Ladung durch einiges Stehen mit Chlorcalcium

Digitized by Google

in verdünnter Luft, aber ohne wiederholtes Auspumpen und ohne Erhitzung (s. §. 6) ausgetrocknet, und wobei auch feingeriebenes Mangansuperoxyd zu der Vorderladung gesetzt war [1]), 0,096 Grm. Wasser. Diefs giebt für 100 Th. Kalixanthat:

Wasserstoff 3,518.

c) 0,4745 Grm. Kalisalz gaben bei einem Versuche, blofs für die Wasserstoffmenge und ohne einigen Zusatz [2]) zu der Vorderladung, nach Abzug von 0,0055 Grm. für anhangendes Wasser in der Ladung, 0,135 Grm. Wasser. Diefs giebt für 100 Th. Kalixanthat:

Wasserstoff 3,159.

d) 0,490 Grm. Kalisalz gaben bei dem §. 7 *c* erwähnten Versuche für die Kohlenstoffmenge, nach Abzug von 0,007 Grm. anhangendes Wasser, 0,132 Grm. Wasser. Diefs giebt für 100 Th. Kalixanthat:

Wasserstoff 2,9916.

e) 0,423 Grm. *Bleixanthat* gaben bei dem §. 7 *d* erwähnten Versuche, wobei die Vorderladung auch ohne Zusatz war, nach Abzug von 0,004 Grm. anhangendes Wasser, 0,0840 Grm. Wasser. Diefs giebt für 100 Th. *Bleixanthid* 2,2052 Wasserstoff oder für 100 Th. Kalixanthat:

Wasserstoff 3,0854.

Als Mittel dieser fünf Versuche erhalten wir für 100 Th. Kalixanthat:

Wasserstoff 3,189 [3]).

Die angenommene Zusammensetzung des Kalisalzes giebt 3,09576 Proc. Wasserstoff.

1) Ein Unfall mit dem Kohlensäuresammler hinderte hier die Bestimmung der Kohlenstoffmenge.

2) Im Ganzen genommen hatte ich hier Grund diesen für überflüssig anzusehen.

3) Will man den Versuch *b* ausschliefsen, der natürlicherweise leicht zu viel gegeben haben möchte, so erhält man 3,008 Wasserstoff.

Digitized by Google

§. 9.

Daſs die Xanthate Sauerstoff enthalten, folgt daraus, daſs sie, selbst im völlig ausgetrockneten Zustande, bei der trocknen Destillation Kohlensäure in Menge geben; und die Versuche haben dergestalt für 100 Th. an *Alkali gebundener* oder *mit einer Base vereinigter Xanthogensäure* gegeben:

Schwefel	56,411
Kohlenstoff	31,930
Wasserstoff	4,508
Sauerstoff	7,151

Die Berechnung giebt, wenn, wie angeführt, die Elemente in 1 Grundtheil Xanthogensäure 4 S 6 C 10 H 1 O sind, für 100 Theile:

S.	56,440
C.	32,169
H.	4,377
O.	7,014.

und es ist dergestalt jetzt gewiſs kein anderes Zusammensetzungsverhältniſs annehmbar.

§. 10.

Setzt man zu einem Xanthat Schwefel- oder Salzsäure, so erhält man bekanntlich einen schweren ölichten Körper, der lebhaft wie Säure auf die Probefarben wirkt, mit der abgesonderten Base wieder das angewandte Salz giebt, kurz sich auf jede Weise, wie die Säure des Salzes ausgeschieden im unzersetzten Zustande verhält. *Wird dieselbe einer erhöhten Temperatur ausgesetzt, so verwandelt sie sich völlig in Alkohol und Schwefelkohlenstoff.* Eine Wärme von 24° C. ist hinreichend diese Verwandlung einzuleiten, es entwickelt sich dabei Wärme, und sie findet statt sowohl bei der von allem anhangenden Wasser befreiten Säure, als bei der Anwesenheit von reinem Wasser [1]).

1) Die Anwesenheit einer anderen Säure, namentlich Salz- oder Schwefelsäure, scheint die Wirkung zu verzögern.

Da dieser Satz für die gegenwärtige Untersuchung sehr wichtig ist, will ich eine ausführliche Beschreibung der ihm zum Grunde liegenden Versuche geben.

Eine starke Auflösung einer Portion wohl getrockneten Kalixanthats wurde auf die aus meiner ersten Abhandlung bekannte Weise mittelst Salzsäure zersetzt. Die ausgeschiedene wohl ausgewaschene Säure wurde, zuletzt durch einiges Stehen mit Chlorcalcium, vom Wasser befreit. Die angewandte Salzauflösung und Salzsäure waren vor der Zusammenmischung stark abgekühlt, so wie auch die ausgeschiedene Säure bei den nachmaligen Behandlungen in einer möglichst niedrigen Temperatur gehalten worden. Ich erhielt sie dergestalt in einem vollkommen durchsichtigen und fast farblosen Zustande.

Sie wurde nun schnell in einen langhalsigen Destillirkolben gethan, welcher mit einer zur Luftentwicklung eingerichteten und mit Eis umgebenen Vorlage verbunden war. Die Temperatur der Luft war an dem Tage 24° C. Einige Minuten nach der Aufstellung des Apparates war die Säure in voller Zersetzung begriffen, indem nämlich die Flüssigkeit jetzt ihre Durchsichtigkeit verloren und sich durch eine beträchtliche Selbsterwärmung in lebhafte Wallung versetzt hatte, so dafs sich dadurch in sehr kurzer Zeit eine bedeutende Menge einer wasserklaren Flüssigkeit in der Vorlage sammelte.

Als darnach die Selbsterwärmung, und folglich auch die Selbstdestillation aufgehört hatte, wurde die Destillation, nach Wegnahme des Uebergegangenen, durch Erwärmung des den Kolben umgebenden Wassers, erst bis 50°, dann bis gegen 70°, und endlich bis gegen 90°, fortgesetzt. Alles war nun so übergegangen, dafs nur ein gelbbrauner Flecken auf dem Boden des Kolben bemerkt wurde. — Luftentwicklung hatte zu keiner Zeit stattgefunden.

Das Ganze war nun in vier Abtheilungen gesammelt worden, und es fand sich, dafs die erste Portion so gut

Digitized by Google

als reiner Schwefelkohlenstoff, die zweite eine Verbindung von Schwefelkohlenstoff mit wenig Alkohol, die dritte eine Verbindung von vielem Alkohol mit wenig Schwefelkohlenstoff, die letzte so gut als reiner Alkokol war. Die erste Portion sah nämlich aus und roch ganz wie Schwefelkohlenstoff, verdampfte schnell wie dieser, verbrannte wie dieser, sammelte sich wie dieser unter Wasser, war vollkommen neutral und gab mit einer alkoholischen Kaliauflösung Kalixanthat. Ein wenig mit einer Portion davon zusammengeschütteltes Wasser verrieth bei der nachmaligen Behandlung mit kohlensaurem Kali höchst unbedeutende Spuren von Alkohol. Die vierte Portion roch und schmeckte wie Alkohol, verbrannte wie dieser ohne Geruch nach schwefliger Säure, wurde von Wasser in jedem Verhältnisse aufgenommen, ohne es im Geringsten zu trüben, war vollkommen neutral, und gab mit Kali und Schwefelkohlenstoff sogleich Kalixanthat. Die dritte Portion ward mit Wasser ein wenig milchig, und bald darauf setzte sich, indem die Flüssigkeit klar ward, ein Ueberzug an die Seiten des Glases, ganz so, wie wenn Wasser zu einer Auflösung von wenig Schwefelkohlenstoff in einer grofsen Menge Alkohol gethan wird. Etwas von dieser Portion, die kurze Zeit in einem flachen Gefäfse gestanden hatte, um dem Schwefelkohlenstoff Gelegenheit zum Verfliegen zu geben, verband sich mit Wasser, ohne dafs dieses milchig ward, und verhielt sich hinsichtlich des Geruchs, Geschmacks und der Verbrennung wie reiner Alkohol. Die zweite Portion gab mit Wasser eine stark milchige Flüssigkeit, aus der sich bald in grofser Menge Tropfen von Schwefelkohlenstoff absonderten. Auch diese beide Portionen waren vollkommen neutral. Keine von den Portionen gab mit Kupferoxyd oder mit Kupferchlorid den gelben Körper, den die Xanthogensäure damit bildet [1]).

1) Ohne Zweifel ist die Verwandlung so gut als vollendet, wenn

Ich wiederholte den Versuch mit dem Unterschiede, dafs die Säure durch Schwefelsäure ausgeschieden, und die Destillation mit einem Zusatze von Wasser (das Vier- bis Fünffache der Säure dem Raume nach) vorgenommen wurde. Dadurch erhielt ich erst fast allen Schwefelkohlenstoff so gut wie ohne Beimischung von Alkohol, und als darnach die übrige wäfsrige Flüssigkeit (die ohne Wirkung auf die Probefarben war) durch Filtriren von dem wenigen rückständigen Schwefelkohlenstoff getrennt, und mit einem Zusatze einer grofsen Menge Chlorcalcium destillirt wurde, erhielt ich den Alkohol ohne erkennbare Beimischung von Schwefelkohlenstoff.

Kommt es blofs darauf an, die Zersetzung der Säure ohne scharfe Untersuchung zu beobachten, so kann der Versuch schlechthin so angestellt werden. Man löst ein wenig Kalisalz durch so wenig Wasser als möglich in einer an dem einen Ende zugeschmolzenen Glasröhre auf, thut mäfsig starke Salzsäure im Ueberschufs, und gleich darnach in mehreren Portionen so viel Wasser hinzu, dafs die ausgeschiedene Säure sich in Eine Masse am Boden unter der wäfsrigen Flüssigkeit sammelt. Diese wird nun gleich weggesogen, darauf wäscht man den ölichten Körper durch mehrmaliges Aufgiefsen und Wegsaugen kalten Wassers aus, bis man die Salzsäure und, wenn man will, das Chlorkalium für weggeschafft annehmen kann, und läfst so viel reines Wasser zurück, dafs dieses $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ Zoll hoch über der Säure steht. Nun erwärmt man das Glas etwas, z. B. mit der warmen Hand, und sogleich sieht man, dafs sich gleichsam Wolken in verschiedener Richtung in der klaren ölichten Flüssigkeit verbreiten, wodurch diese bald undurchsichtig wird. Bald steigen Blasen davon in das Wasser auf, man fühlt das Glas sich am Boden erwärmen, und sieht

die Selbsterwärmung aufgehört hat, und die nachherige Erwärmung nur nöthig, um die Absonderung der jetzt blofs zusammengemengten Stoffe zu vollenden.

Digitized by Google

die ölichte Masse in voller Wallung. Wenn darauf alles wieder ruhig geworden ist, hat man statt des eigenthümlichen Geruchs der Xanthogensäure einen starken Geruch von Schwefelkohlenstoff. Diesen Körper kann man nun vermittelst eines nafs gemachten Filtrums absondern, und demnächst den Alkohol durch Zusammenschütteln und Stehen mit einer angemessenen Menge von kohlensaurem Kali aus der wäfsrigen Flüssigkeit ausscheiden. — Auf diese Weise läfst sich der Versuch recht gut bei einer Vorlesung anstellen.

§. 11.

Die an Alkali gebundene Säure enthält, zufolge der Analyse (wie man gesehen haben wird), die Elemente von 2 Grundtheilen Schwefelkohlenstoff ($2CS^2$) und von 1 Grundtheil Aether ($4C\,10H\,1O$). Da nun doch die bei Anwesenheit von Wasser frei gemachte Säure bei ihrer Zerfällung nicht Aether, sondern Alkohol ($4C\,12H\,2O$) giebt, so leuchtet ein, dafs die Säure, indem sie ausgeschieden wird, die Elemente wenigstens von 1 Grundtheil Wasser aufnimmt. Wenn folglich die hieher gehörigen Verbindungen als eigentliche Salze betrachtet werden, so wird, wie in mannichfaltigen ähnlichen Fällen, die ausgeschiedene Säure als eine Verbindung zu betrachten seyn, worin die Stelle des Metalloxyds durch das Wasser ersetzt ist, — und dann am wahrscheinlichsten durch 2 Grundtheile davon, folglich als $H^2O + S^4C^6H^{10}O^1$ (1).

1) Da ein nur bis zu gewissem Grade wasserhaltiger Alkohol und Schwefelkohlenstoff eine trübe Mischung geben, so könnte jene erwähnte vorübergehende Opacität in der Flüssigkeit für die Anwesenheit von mehr als 1 Grundtheil Wasser in der ausgeschiedenen Säure zu sprechen scheinen. Abgesehen aber davon, dafs es bei der Behandlung mit Chlorcalcium, die sich hier anwenden läfst, wenigstens äufserst schwer ist, sich vor einer (übrigens unbedeutenden) Spur von anhangendem Wasser zu sichern, ist zu bedenken, dafs die Bildung von Schwefelkohlenstoff und Alkohol hier *in Xanthogensäure vorgeht.* — Uebri-

Digitized by Google

§. 12.

Dafs der Alkohol nicht in der ausgeschiedenen Säure präexistirt, dafür scheint schon der Umstand zu sprechen, dafs die Zersetzung mit Entwicklung von Wärme vorgeht; denn wenn es auch hinsichtlich gewisser Erscheinungen anzunehmen erlaubt scheint, dafs sogar chemische Trennungen mit Selbsterwärmung begleitet seyn können, so sind doch die Erscheinungen für das Entgegengesetzte so zahlreich, und die Vorstellung, dafs Wärmeentwicklung (in sofern sie chemischen Wirkungen zugeschrieben werden kann), nur bei eigentlichen Vereinigungen eintritt, ist so genau mit der jetzigen chemischen Grundtheorie verknüpft, dafs man nur im Nothfall davon abweichen mufs. — Wird die aufgestellle Formel in jeder Rücksicht für richtig angenommen, und folglich, dafs auch der Schwefelkohlenstoff erst durch die eintretende Umlagerung und neue Verbindung der Elemente gebildet wird, so haben wir darin noch eine andere Ursache der Wärmeentwicklung.

Dieses aber führt uns denn zu der schwierigsten und beim gegenwärtigen Stande der Wissenschaft gewissermafsen undankbarsten Art der Untersuchung, nämlich der über die Zusammensetzungsweise, welche den Eigenschaften und dem Verhalten der Stoffe am angemessensten (oder, wenn man will, am wenigsten unangemessen) seyn möchte.

Zu den Fragen, die dabei in Betrachtung kommen können, gehören die: Ist z. B. die Kaliumvereinigung, wie angenommen, $KO + S^4 C^6 H^{10} O$, oder ist sie $(KO + CS^2) + (C^4 H^{10} O + CS^2)$, oder ist das Metall in schwefel- oder kohlenschwefelgebundenem Zustande

gens mufs ich bei dieser Gelegenheit die in meiner ersten Abhandlung geäufserte Meinung, als rühre die Unklarheit von der Einwirkung der Luft her, berichtigen.

Digitized by Google

zugegen, oder macht es ein selbstständiges Glied der Verbindung aus?

Unter meinen übrigen Versuchen über das Verhalten einzelner Xanthate sind zwar (wie schon oben bemerkt) mehre, bei denen jene Fragen *besonders* berücksichtigt wurden. Da aber fast jedes Verhalten eines Körpers in jener Rücksicht von einiger Bedeutung seyn könnte, so werde ich die nun folgenden Zusätze nur nach den Verbindungen, worauf sie sich zunächst beziehen, und zwar zum Theil nur summarisch und fast ohne Commentar, zusammenstellen.

Kalixanthat. Es bildet sich, aber langsam, selbst wenn einfach kohlensaures Kali statt Kalihydrat angewandt wird. Obgleich man dabei einige Blasen aufsteigen sieht, so scheint sich doch daneben zweifach kohlensaures Kali zu bilden. — Von jeder Spur von Alkohol befreiter Aether, statt wasserfreien Alkohols angewandt, scheint mit Kalihydrat kein Xanthat zu bilden.

Das ölichte Product bei der trocknen Destillation des Kalixanthats (welches ich vorläufig Xanthogenöl genannt habe) ist ein Gemenge von Mercaptan und einem Körper, der derjenigen Flüssigkeit am ähnlichsten scheint, die ich vorläufig Thialäther [1]) genannt habe; doch scheint noch etwas Thialöl beigemischt zu seyn.

Ein Gemenge von Kalixanthat und Schwefel giebt bei der trocknen Destillation ein schweres Oel, das ganz wie Thialöl riecht.

Wird eine *concentrirte wäſsrige* Auflösung von Kalixanthat einer Destillation unterworfen, so giebt sie in beträchtlicher Menge Alkohol und Schwefelkohlenstoff nebst Schwefelwasserstoff, und weder in dem Destillat noch in der entwickelten Luft lieſsen sich andere Stoffe entdecken. Wenn endlich nach öfter wiederholter Er-

1) S. meine Abhandlung von dem Mercaptan. (Bd. XXXI S. 369 dies. Annalen.)

Digitized by Google

neuerung des fortgegangenen Wassers nur ein aus Wasser und Schwefelwasserstoff bestehendes Destillat erhalten wird, so ist der rothbraune Rückstand eine Mischung von Schwefelkalium, Schwefelkohlenstoffkalium, kohlensaurem und unterschwefligsaurem Kali. — Wahrscheinlich ist bei dieser Zersetzung die Bildung von Alkohol und Schwefelkohlenstoff das Hauptmoment, sie zeigt sich bei der Erhitzung dadurch sogleich an, dafs die Auflösung eine alkalische Reaction, und demnächst eine gelbbraune Farbe annimmt.

Eine Auflösung von Kalixanthat in *wasserfreiem Alkohol* kann man in einem Destillirapparat ohne Zersetzung eintrocknen, selbst wenn die Flüssigkeit dabei fast in stetem Kochen erhalten wird. Wenn der Alkohol aber auch nur 8 bis 10 Proc. Wasser hält, so ist fast eine einzige Aufwallung, selbst in verdünnter Luft, hinreichend, der Auflösung eine alkalische Beschaffenheit zu geben, und bei längerem Kochen bildet sich zugleich ein in Alkohol wenigstens sehr schwer auflösliches Salz [1]).

Hat man zu der wäfsrigen Auflösung eine gehörige Menge Alkali (z. B. Kali- und Kalkhydrat mit einander) hinzugethan, so bekommt man bei der Destillation aufser Alkohol eine nicht unbedeutende Menge *Mercaptan;* und, wie es scheint, bildet sich dabei kein anderer flüchtiger Körper.

Trocknes schwefligsaures Gas wirkt zwar auf trocknes Kalixanthat; aber es bildet sich dabei unterschwefligsaures Kali, und die dabei sich entbindende Flüssigkeit enthält, aufser freier schwefliger Säure und etwas Schwefelkohlenstoff, noch andere Stoffe, die von einer complicirten Wirkung zeugen.

Statt andere wasserfreie sauerstoffhaltige Mineralsäuren einwirken zu lassen, habe ich einige Versuche mit Harzen gemacht. Sorgfältig geschmolzenes Kolophonium bewirkte bei gelinder Hitze in einem Destillirapparat eine

1) Wahrscheinlich unterschwefligsaures Kali.

Digitized by Google

einfache Zerlegung des Kalisalzes, in sofern dabei ein Rückstand erhalten wurde, worin aufser Kolophonium nur Kolophonkali zu entdecken war. Das ungefärbte, ohne Gasentwicklung dabei erhaltene Destillat, worin sich Schwefelkohlenstoff und ein anderer flüchtiger Körper befand, hatte zugleich einen ziemlich starken eigenthümlichen, doch etwas terpenthinartigen Geruch. Diefs und der Umstand, dafs sich unter der Temperatur, wobei das Salz für sich zersetzt wird, keine deutliche Wirkung zeigte, als ich, statt des Kolophoniums, krystallisirtes, sorgfältig geschmolzenes Copaivharz anwandte, scheinen dafür zu sprechen, dafs bei jenem Harze ein besonderer Umstand mit im Spiele gewesen sey [1]).

Die lebhafte Wirkung des trocknen Hydrochlorgases auf das Kalisalz ist bekannt. Ich habe dazu nur hinzuzufügen, dafs das Destillat ein Gemenge ist von Schwefelkohlenstoff, einem ätherartigen Körper und freier Salzsäure.

Bei einem Versuche mit Fluorsilicium-Gas waren die Phänomene so verwickelt, dafs es mir nicht möglich war mehr mit Sicherheit zu entscheiden als das Resultat, dafs eine Wirkung stattfand, bei der sich unter andern ein Gemenge von Fluorkalium und Fluorsiliciumkalium bildete.

Natronxanthat. Dabei will ich besonders auf die Krystallisationsfähigkeit aufmerksam machen, wodurch sich dieses Salz auszeichnet, und die man besonders dann wahrnimmt, wenn die wäfsrige Auflösung desselben einer angemessenen Verdampfung in nur etwas verdünnter Luft mit Chlorcalcium ausgesetzt wird. Die Neutralisirung einer alkoholischen Natronauflösung durch Schwefelkohlenstoff geschieht (wie zu erwarten) langsamer als die der Kaliauflösung.

Barytxanthat. Es bildet sich eben sowohl bei An-

1) Doch mufs ich noch dabei bemerken, dafs jenes Copaivharz weit weniger schmelzbar befunden wurde als das Kolophonium.

Digitized by Google

wendung von wasserfreiem Baryt, als wenn statt dessen geschmolzenes Barythydrat zu der alkoholischen Auflösung von Schwefelkohlenstoff hinzugethan wird, selbst wenn auch der angewandte Alkohol wasserfrei ist. — In beiden Fällen geht aber begreiflich die Bildung dieses Salzes noch langsamer von Statten als die des Natronxanthats. — Auch die Auflösung von diesem Xanthat hat immer eine gelbliche Farbe, wenn sie nicht sehr verdünnt ist. Ist es bei Anwendung von wasserfreiem Baryt und wasserfreiem Alkohol entstanden, so bekommt man bei der Abdampfung über Chlorcalcium in verdünnter Luft erst eine klebrige Masse. Wenn diese darauf über Schwefelsäure unter der Glocke der Luftpumpe hingestellt wird, und man demnächst stark auspumpt, so verändert sie sich unter häufiger Bildung großer Blasen in einen völlig trocknen harten Körper, der beim Reiben ein ungefärbtes Pulver giebt [1]). Setzt man zu der klebrigen durchsichtigen Masse nur ganz wenig Wasser, so nimmt sie ziemlich schnell einen festen krystallinischen Zustand an. In einer größeren Menge Wasser löst sich darauf dieser krystallische Körper auf; und wenn dann die Auflösung einer angemessenen Verdampfung mit Chlorcalcium oder Schwefelsäure ausgesetzt wird, so giebt sie wasserhelle farblose Krystalle, theils als wohlgeformte Lamellen, theils als größere oder kleinere Sterne.

In dem krystallisirten Xanthate sind, zufolge eines damit angestellten Versuches, wahrscheinlich 2 Atome Wasser; in dem gummiartigen oder mucilaginösen scheint es mir aus dem Grunde zulässig 1 Atom Wasser anzu-

1) Wenn man sich, wie es mit mir der Fall ist, aus mehren Gründen geneigt fühlt, eine Analogie in der chemischen Constitution der weinschwefelsauren Salze und der Xanthate zu vermuthen, scheint es nicht unzweckmäſsig, dabei auch den sonst freilich geringfügigen Umstand zu beachten, daſs beiderseits zwar das Kalisalz, nicht aber das Barytsalz, ohne ein starkes Absorptionsmittel wasserfrei zu erhalten ist.

Digitized by Google

nehmen, weil dieses bei Anwendung von wasserfreiem Alkohol am besten mit dem gefundenen Mengenverhältnisse der Elemente des trocknen Salzes, und mit den Umständen, worunter jener klebrige Körper erhalten wird, übereinzustimmen scheint.

Das Barytxanthat ist in vorzüglichem Grade zur Zersetzung geneigt. Sie findet nicht nur schon oft statt bei der Abdampfung einer wäſsrigen oder sogar einer alkoholischen Auflösung in verdünnter Luft, wie auch bei dem Austrocknen des krystallisirten Salzes [1]), sondern sogar bei der Aufbewahrung in verschlossenen Gefäſsen. Man erkennt sie sogleich unter andern daran, daſs sich eine Portion unterschwefligsauren Baryts gebildet hat. Eine beträchtliche Menge dieses Xanthates wird daher in kurzer Zeit völlig zersetzt, wenn man eine wäſsrige oder alkoholische Auflösung auch nur gelinde erwärmt. Die Producte scheinen hier im Wesentlichen dieselben wie bei dem Kalisalze zu seyn. Bei der trocknen Destillation giebt es (wie wahrscheinlich die Oxithanthate im Allgemeinen) ein mercaptanhaltiges Destillat.

Kalkxanthat. Dieſs bildet sich ebenfalls, aber sehr langsam, wenn man eine alkoholische Auflösung von Schwefelkohlenstoff unter wiederholtem Schütteln mit Kalkhydrat stehen läſst. Ich habe es durch Eindampfung nur als eine gummi- oder firniſsartige Masse erhalten.

Ammoniakxanthat. Man erhält es nicht nur bei Neutralisirung der Säure mittelst kohlensauren Ammoniaks, sondern begreiflicherweise auch durch Fällung einer alkoholischen Auflösung des Barytxanthats mittels einer alkoholischen Auflösung von Salmiak, oder durch Fällung einer wäſsrigen Auflösung des ersten Salzes mittelst ei-

1) Besonders aus dem Grunde war es mir nicht möglich die Wassermenge genau zu bestimmen. — Für die oben angeführte Bestimmung des Baryts bekam ich auf die Weise das Salz ohne Zersetzung völlig wasserfrei, daſs ich die alkoholische Auflösung schlechthin über Schwefelsäure im Vacuum eintrocknen lieſs.

ner wäſsrigen Auflösung von schwefelsaurem Ammoniak. Indeſs konnte ich es bei keiner der letzten Verfahrungsarten im festen Zustande erhalten, ohne daſs sich nicht zugleich ein beträchtlicher Theil zersetzte. Nur eine kleine Menge davon bekam ich auf die Weise ziemlich rein und trocken, daſs ich den Rückstand nach der Verdampfung mittelst Aether von dem hierin auflöslichen Zersetzungsproducte befreite.

Was ich früher bei Anwendung des durch Neutralisirung der Xanthogensäure mittelst kohlensauren Ammoniaks dargestellten Salzes wahrgenommen zu haben glaube, hat sich nicht völlig bei dem auf diese Weise zubereiteten bestätigt; denn dieſs wurde bei der Erhitzung wenigstens zum Theil zersetzt, und gab unter anderen Producten eine nicht unbedeutende Menge Schwefelkohlenstoff-Ammoniak. — Auch wird solches gebildet, wenn man ein Gemenge von Kalixanthat und Salmiak erhitzt.

Bleioxydxanthat. Es wird vorzüglich dann in Gestalt einer *krystallinischen* Pflanzenwolle erhalten, wenn man es durch Fällung aus einer alkoholischen Auflösung des Kalisalzes mittelst einer alkoholischen Auflösung von essigsaurem Bleioxyd darstellt. Bei diesem Verfahren muſs aber eine beträchtliche Menge des letzteren Salzes hinzugethan worden seyn, bevor die Ausscheidung des Xanthats anfängt. (Man bekommt es daher auf solche Weise zuweilen auch in groſsen Nadeln.) — Obgleich nun jenes Verhalten auf die Bildung eines Doppelsalzes deutet, so gab mir doch eine Auflösung des Kalisalzes, mit einer angemessenen Menge der Bleilösung vermischt, bei der Abdampfung über Chlorcalcium nur gewöhnliches Bleixanthat.

Schwefelsäure, auch nur mit sehr wenig Wasser vermischt, kalt zu dem Bleixanthat gegossen, wirkt auffallend langsam darauf [1]). Die concentrirte Säure bewirkt

1) Dadurch bin ich früher verleitet worden, eine gänzliche Unthätigkeit der Schwefelsäure bei Anwendung von völlig reinem

aber ziemlich schnell eine deutliche Ausscheidung von Xanthogensäure. Mit trocknem Hydrochlorgas verhält es sich ganz wie das Kalixanthat. *In einem (wenn auch lange erhaltenen) Strome von Schwefelwasserstoffgas leidet aber das Bleixanthat durchaus keine Veränderung.* Wird es fein gerieben der Wirkung einer wäfsrigen oder alkoholischen Auflösung von Schwefelwasserstoff ausgesetzt, so tritt zwar endlich, zumal bei Anwendung der letzteren, eine Schwärzung des Pulvers ein, aber von dabei ausgeschiedener Xanthogensäure habe ich doch nur sehr undeutliche Spuren entdecken können. Wäfsrige Auflösungen von Schwefelbaryum, oder von Schwefelwasserstoff-Kalium oder -Ammonium wirken aber schon bei gewöhnlicher Temperatur sehr lebhaft auf das Bleixanthat unter Bildung von reinen gelösten Xanthaten und ausgeschiedenem Schwefelblei.

Erhitzt man das Bleixanthat mit einer wäfsrigen oder mit einer alkoholischen Auflösung von Kali, so geht das Pulver bei einer gewissen Temperatur allmälig in's Schwarze über, und bei Anwendung einer nicht zu grofsen Menge von nicht zu starker Kalilauge bekommt man, wenn nur nicht zu stark und nicht zu lange erhitzt wird, eine Auflösung von reinem Kalixanthat. Ist die Kalilauge in einem grofsen Verhältnisse angewandt, so bekommt man erst eine Auflösung von Bleixanthat, woraus sich dann bei gesteigerter und fortgesetzter Erhitzung mehr von dem schwarzen Körper ausscheidet.

Eine Portion von dem Pulver, welches bei langem Sieden mit einer mehr als hinreichenden Menge Kali erhalten war, und hauptsächlich aus Schwefelblei bestand, zeigte sich bei der Behandlung mit Essigsäure ziemlich reich an Bleioxyd, wahrscheinlich mit Kohlensäure vereinigt. Mit Wasser allein gekocht, schwärzt sich das Bleixanthat äufserst

Xanthate zu vermuthen (vergl. die hieher gehörigen Stellen meiner Abhandlung von 1822).

Digitized by Google

fserst langsam. Man kann daher wohl die Entstehung von Schwefelblei in jenem Falle *zunächst* der Zersetzung zuschreiben, welche das dabei erst gebildete Kalixanthat erleidet, wenn es, wie oben schon erwähnt ist, nur mit Wasser oder mit Kalilauge erhitzt wird. — Eine wäfsrige oder alkoholische Auflösung von Ammoniak wirkt im Wesentlichen wie die Kaliauflösung.

Kupferoxydulxanthat. Bei der Darstellung dieses Salzes mittelst alkoholischer Lösungen von Kalixanthat und *essigsaurem* Kupferoxyd findet, rücksichtlich der Auflösbarkeit, ungefähr das Nämliche statt, was schon von der Bildung des Bleixanthats unter ähnlichen Umständen angeführt ist. Dahingegen zeigt sich das Kupferoxydulxanthat, bei dessen Darstellung mittelst alkoholischer Auflösungen von Kalixanthat und Kupferchlorid, vorzüglich in einem Ueberschusse des letzteren auflöslich. — Von Schwefelsäure wird dieser Xanthat bei gewöhnlicher Temperatur nur äufserst langsam angegriffen. Bei gelinder Erwärmung mit der höchst concentrirten Säure nimmt das Gemenge eine grünliche Farbe an, wird aber dann Wasser hinzugesetzt, so tritt wieder das gelbe Xanthat hervor. Bei fortgesetzter, etwas gesteigerter Erhitzung mit der concentrirten Säure wird das Xanthat völlig zersetzt, indem sich eine Verbindung von Kupferoxydul, wahrscheinlich mit der im Ueberschufs angewandten Schwefelsäure, bildet. Auch die concentrirte Salzsäure wirkt hier, bei gewöhnlicher Temperatur wenigstens, nur sehr langsam. Wird aber das Xanthat mit der höchst concentrirten Säure erwärmt, so bekommt man eine Auflösung von Kupferchlorür, und mittelst eines mit Kupferchlorid getränkten, über die Flüssigkeit gehaltenen Papierstreifens bemerkt man deutlich dabei die Entwicklung von Xanthogensäure, — wahrscheinlich macht die Gegenwart überschüssiger Salzäure, dafs die ausgeschiedene Säure hier nicht gänzlich zersetzt wird.

Digitized by Google

Was nun wiederum *die Verbindungsweise* der Elemente der in Frage stehenden Stoffe betrifft, so scheint sie mir jetzt von Neuem zweifelhaft zu seyn; das Verhalten des Bleixanthats gegen Schwefelwasserstoffgas z. B. deutet darauf, dafs das Metall nicht unmittelbar mit Sauerstoff verbunden sey [1]). Da sich indessen das von den Verbindungen bisher Bekannte gröfstentheils *leicht* nach der Vorstellung erklären läfst, dafs sie aus einer Sauerstoffbase und einer Sauerstoffsäure bestehen, und da noch kein Umstand für eine andere Vorstellung spricht, so bin ich hier dieser Vorstellung gefolgt.

XII. *Zerlegung des Ouro poudre.*

Unter dem Namen »*Ouro poudre*« (*faules Gold*), bemerkt Berzelius in seinem Jahresberichte No. 15, hat mir Hr. E. Pohl eine Art gediegenen Goldes zugesandt, welches in der Capitania Porpez in Süd-Amerika vorkommt. Es bildet vielkantige Körner von einer unreinen Goldfarbe, und schmilzt vor dem Löthrohr, wobei kleine Quarzkörner auf die Oberfläche kommen. Die Kugel färbt den Borax, mit dem sie zusammengeschmolzen wird, nicht, und ist nach dem Erkalten geschmeidig. Zufolge einer von mir angestellten Analyse eines gröfseren Korns, von 0,623 Grm. Gewicht, besteht es, nach Abzug der eingemengten Quarzkörner, deren Menge sehr gering ist, aus: 85,98 Gold, 9,85 Palladium und 4,17 Silber, ohne Spur von Kupfer.

1) Dafs schon die Umstände, unter denen z. B. das Kalixanthat sich ursprünglich bildet, vermuthen lassen, das Metalloxyd werde dabei desoxydirt, leuchtet von selbst ein.

Digitized by Google

XIII. *Untersuchung eines krystallisirten Kalksalzes; von W. F. Fürsten zu Salm-Horstmar.*

In einer Pumpenröhre von Kupfer, welche vor einem Jahr neu gelegt war, fanden sich, bei einer Reparatur, die inneren Wände des Kupferrohrs bekleidet mit schönen farblosen, vollkommen durchsichtigen glänzenden Krystallen, ungefähr von der Länge einer Linie. Die Krystallform war ein unregelmäſsiges 6seitiges Prisma, dessen Endigung nicht deutlich erkannt werden konnte.

Bei einer Temperatur, die 15° R. übersteigt, wird dieses Salz weiſs, undurchsichtig, und zerfällt in wenigen Stunden zu einem weiſsen Pulver, welche Veränderung bei Erhitzung des Salzes augenblicklich vor sich geht, unter Entwicklung von vielem Wasser. Bei einer Temperatur von 14° erhalten sich die Krystalle mehrere Tage unverändert, wenn sie mit Wasser bedeckt sind; steigt aber die Wärme über 15°, so zerfallen sie auch unter Wasser.

Wird das Salz zerrieben mit einem Tropfen Wasser auf geröthetes Lackmuspapier gebracht, so reagirt es schwach alkalisch. Es ist in Wasser etwas auflöslich, indem sauerkleesaures Kali in dem damit gekochten Wasser eine weiſse Trübung verursacht.

Wird das frische Salz im lufttrocknen Zustande zerrieben, so wird es während des Reibens so naſs, daſs es einen dicken Brei bildet, der bei fortgesetztem Reiben wieder trocken wird, und beim Zerreiben einen fleischrothen Stich bekommt. Bei dem an der Luft zerfallenen Salz finden diese Erscheinungen nicht statt.

Es konnte nicht ohne zufällige metallische Einmengungen aus der mit Messing und Zinn zusammengelötheten kupfernen Röhre erhalten werden, weil die Röhre

mit kohlensaurem Kupfer überzogen war. Diese Einmengungen konnten ganz deutlich beim Erhitzen des Salzes in einer Glasröhre erkannt werden, indem sie dadurch mit rothbrauner Farbe zwischen dem weifsen Salz zum Vorschein kamen, weshalb bei der Analyse darauf Rücksicht genommen wurde.

Ich fand das Salz folgendermafsen zusammengesetzt in 100 Theilen:

29,54	Kalkerde
18,40	Kohlensäure
47,38	Wasser
3,30	zufällige Einmengungen von Kupferoxyd etc. etwas Mangan und eine Spur von Kieselerde
1,38	Verlust
100.	

Das specifische Gewicht desselben fand ich =1,75.

Das Wasser des Brunnens, aus dem sich dieses Kalksalz wahrscheinlich durch eine galvanische Zersetzung des kohlensauren Kalks gebildet hatte, enthält Kieselerde, kohlensauren Kalk, Kohlensäure, etwas schwefelsauren und salzsauren Kalk, und etwas kohlensaures Eisen. Das durch das Kupferrohr gepumpte Wasser enthielt keine Spur von Kupfer, wenigstens gab der mit Salzsäure gesättigte Rückstand von einem halben Schoppen Wasser auf blankem Eisen nach mehreren Stunden keine Kupferröthe.

Digitized by Google

XIV. *Ueber die Erzeugung des Zinnchlorids, als Beitrag zur Monographie dieses Körpers; von J. v. Kraskowitz in Wienerisch-Neustadt.*

Die bisher am häufigsten gebräuchliche Darstellungsmethode des Zinnchlorids durch Destillation eines Gemenges von Quecksilberchlorid und Zinn hat manche Unbequemlichkeit, besonders wenn man sich dasselbe in gröfseren Quantitäten zu bereiten wünscht; denn erstens mufs das Quecksilber anfangs zu schwefelsaurem Quecksilberoxyd verarbeitet und hierauf in Quecksilberchlorid durch Sublimation mit Kochsalz verwandelt werden, worauf man erst aus diesem auf bekannten Wegen das Zinnchlorid gewinnt. Aufser dieser Multiplicität der Operationen ist auch — zweitens — hiezu ein bedeutendes Quantum Quecksilber nöthig, das nicht jeder Chemiker zu seiner Verfügung hat, oder doch während der Dauer der Operation entbehren kann. Endlich verliert man immer etwas Quecksilber, es möge auch noch so sorgfältig operirt werden. Was aber die Darstellung des Zinnchlorids durch unmittelbare Zusammensetzung aus seinen Bestandtheilen anbelangt, so ist sie mit so vielen Unbequemlichkeiten verknüpft, dafs ich ihrer nicht weiter erwähne.

Um nun sowohl im kleinen Maafsstabe in chemischen Laboratorien als auch zu technischen Zwecken im Grofsen leicht und wohlfeil Zinnchlorid erzeugen zu können, wird man folgenden Weg am besten einschlagen, wie eine bedeutende Reihe von Versuchen mich belehrte.

3 Kilogramme [1]) granulirten Zinns werden über freiem Feuer mit 9 Kilogrm. concentrirter Schwefelsäure in ei-

1) Die angezeigten Gewichtsquantitäten sind diejenigen, deren ich mich bei meinen verschiedenen Versuchen bediente.

Digitized by Google

nem gufseisernen Gefäfse erhitzt, das hievon nur bis zur Hälfte voll werden darf.

Es erfolgt erst ein gelindes Effervesciren, wobei die Flüssigkeit sich mit einer dünnen Schicht weifsen Schaums bedeckt, dann urplötzlich eine äufserst heftige Reaction, wobei das Zinn auf Kosten der Schwefelsäure oxydirt wird, und viel schwefligsaures Gas, mit gelben Schwefeldämpfen gemischt, in die Luft entweicht. Diese stürmische Reaction — am besten operirt man im Freien — wird durch kaltes Wasser gemäfsigt, das man an die Aufsenseite des Auflösungsgefäfses und nöthigenfalls in das Feuer selbst spritzt.

Das heftige Aufwallen ist jedoch sehr schnell beendigt; die gebildete Salzmasse verdickt sich bald und hört auf zu sieden. Man bringt nun eine zum Austreiben der Schwefelsäure hinreichende Hitze an, bis die Masse im eisernen Gefäfse pulverisirbar geworden ist. Alle überschüssige Schwefelsäure auszutreiben ist räthlich, da die nachherige Ausbeute an Zinnchlorid hiedurch geschmälert zu werden scheint. Gewöhnlich bleibt in der verdickten Salzmasse etwas metallisches Zinn zurück, das beim nachherigen pulverisiren abzusondern ist.

Die solchergestalt erhaltene aus schwefelsaurem Zinnoxyd und etwas freier Schwefelsäure bestehende Salzmasse wird nun noch warm in einem erhitzten Mörser möglichst schnell gepulvert, durch ein mittelfeines Sieb geschlagen, mit seinem gleichen Gewichte frisch geglühten Natriumchlorids innig gemengt, und in eine mit gläserner Vorlage versehene eiserne Retorte gefüllt.

Die Retorte wird nun bei mäfsig fortgesetztem Steigern der Temperatur so lange erhitzt, als noch ein Destillat übergeht; man erhält in der Vorlage viel wasserfreies flüssiges und etwas wasserhaltiges concentrirtes Zinnchlorid, indefs salzsaures Gas mit etwas Zinnchloridgas gemengt entweicht, oder auch durch Wasser geleitet und verdichtet werden kann. Das Chlorwasser-

Digitized by Google

stoffgas rührt von dem überschüssigen Schwefelsäurehydrat her, welches in dem der Destillation unterworfenen Salzgemenge enthalten ist.

Das erhaltene Destillat wird nun, um es von etwas Eisenoxyd, womit es aus den Arbeitsgefäſsen verunreinigt seyn kann, und dem darin noch enthaltenen Wasser zu befreien, mit Zusatz von 2- bis 4 fachem Gewichte concentrirter Schwefelsäure aus gläsernen Retorten rectificirt, worauf das Zinnchlorid rein erhalten wird.

Man kann auch, wenn man mit geringeren Quantitäten manipulirt, gleich die erste Destillation aus Glas vornehmen; man erhält hiebei gleich anfangs ein reines höchstens wasserhaltiges Product; allein selten läſst sich die Temperatur hoch genug steigern, um alles Zinnchlorid auszutreiben.

Diese Erzeugungsmethode des Zinnchlorids ist ihrer Wohlfeilheit halber sowohl für den Chemiker vorzüglich geeignet, der, um die Eigenschaften dieses Körpers zu studiren, sich denselben in etwas gröſseren Quantitäten zu verschaffen genöthigt ist, als auch für Techniker, namentlich für Färber und Kattunfabrikanten, bei denen nicht selten die Beimengung von freier Säure und von Zinnchlorür in den gewöhnlichen sogenannten Zinnsolutionen, der Erreichung der gewünschten Nüance hinderlich ist.

Im Juni 1835.

XV. *Bericht von einem merkwürdigen Blitzschlag.*

Als ich am 14. Juni dieses Jahres bei Gelegenheit einer geognostischen Revisionsreise nach Leiſsnig kam, erzählte man mir, daſs am Tage vorher um 5 Uhr Nachmittags der Blitz in das Haus eines dasigen Eisenhändlers, des Hrn. Leitzmann, eingeschlagen, und ohne ei-

nen Brand zu veranlassen, dennoch sehr deutliche Spuren seiner Bahn hinterlassen habe. Eine genauere Besichtigung, welche mir Hr. Leitzmann zu verstatten die Güte hatte, liefs mir den Fall in sofern sehr interessant erscheinen, als er einen sehr schlagenden Beweis dafür abgiebt, dafs der Blitz in Gebäuden seinen Weg so genau als möglich nach den vorhandenen metallischen Theilen wählt, und immer den schwächeren Leiter verläfst, wo sich ihm ein Leiter mit gröfserer Oberfläche darbietet.

In Fig. 11 Taf. III ist dieser Weg durch eine starke Linie angegeben. Der Blitz traf zunächst den Essenkopf *a*, welchen er zertrümmerte und herabwarf, lief dann auf der, der Strafse zugekehrten (aber in der Zeichnung nach hinten erscheinenden) Dachseite bis *b*, zerschlug die in seinem Wege liegenden Dachziegel, fuhr hierauf an der Aufsenseite der feuerfesten und berappten Giebelmauer über ein in *c* eingelassenes Ankereisen nach dem, das Fenster *d* verschliefsenden eisernen Fensterladen, wobei er von dem, zwischen *b* und *d* befindlichen Theile der Mauer den Kalk tief heraussprengte. Vom Fensterladen sprang er, ohne merkliche Spuren zu hinterlassen, an der Innenseite der Giebelmauer nach dem Balken *ef*, an welchem er herablief ohne weder ihn noch die in diesem Raume des Bodens dicht um den Balken angehäuften Holzspäne und Reifsigbündel zu entzünden; doch war der Balken an seiner der Mauer zugekehrten Seite zerschellt und zersplittert.

Bei *f* erreichte der Blitz das Gebälke der Gemächer des zweiten Stockwerkes, welches des Kalkbewurfes wegen mit Rohr beschlagen war. Indem er dieser, wie gewöhnlich mit Eisendraht durchflochtenen Berohrung an dem horizontalen Balken *fg* und dem verticalen Balken *gh* folgte, gelangte er zu der 3 Ellen hohen und inwendig mit Eisenblech beschlagenen Kaminthüre *hk*, und sprang mitten vor der steinernen Kaminschwelle durch

die Dielung nach der daselbst im ersten Stockwerke hängenden Klingel *k*. Auf diesem Wege verbrannte und verflüchtigte er den zwischen der Berohrung befindlichen Eisendraht, entzündete auch stellenweise das Rohr, rifs den Kalkbewurf herunter, liefs jedoch an der Kaminthür eben so wenig als an dem vorher erwähnten Fensterladen eine Spur von Einwirkung wahrnehmen, da ihm diese Leiter zu viel Oberfläche darboten.

Von der Klingel *k* führte ein, aus Eisendraht bestehender Klingelzug *klmp* bis zu dem vor der Hausthüre hängenden eisernen Klingelstocke *pq*. Der Blitz hatte daher eine fortlaufende Leitung gefunden; allein diese Leitung war zu schwach, um seiner Wirkung zu widerstehen, und der Klingeldraht wurde fast in seiner ganzen Länge verbrannt und verflüchtigt, während die starken eisernen Kniestücke unversehrt blieben. Eine an der Wand und Decke längs des ehemaligen Klingelzuges hinlaufende Reihe von schwarzen bis rothbraunen, sich z. B. strahlenförmig ausbreitenden und allmälig verlierenden grofsen Flecken ist wohl nichts anderes als ein Beschlag von verbranntem und verflüchtigten Eisen; denn diese Flecke kommen nur da vor, wo der früher vorhandene Eisendraht nicht mehr zu finden ist, sowohl längs des Klingelzuges als in der Nähe der berohrten Balken zwischen *f* und *h*.

Nur an zwei Stellen ist der Klingeldraht unverbrannt mit angeschmolzenen Enden zurückgeblieben:

1) Innerhalb der Dielung des ersten Stockwerks, oberhalb des Kniees *m*; hier zeigte sich der fast 1 Linie starke Draht nach unten noch an dem Kniee befestigt, nach oben aber etwa einen Zoll hoch über der Diele abgeschmolzen, die Schmelzungsfläche metallisch glänzend und becherförmig vertieft.

2) Bei *n*, etwa 3 Ellen vor dem Ende des Klingelzuges; dort stand nämlich eine Stange Stabeisen *no*, von etwas über 4 Ellen Länge, an die Wand

gelehnt, welche den Klingeldraht entweder unmittelbar berührt haben, oder ihm doch sehr nahe gewesen seyn muſs. Der Blitz warf sich auf diesen Eisenstab, der ihn in den Fuſsboden des Erdgeschosses ableitete, wo die Spuren seiner Bahn verschwinden. So blieb denn das Stück *np* des (hier weit schwächeren) Klingeldrahts unversehrt, und nur an seinem Ende bei *n* war es etwa 2 Linien weit fast rechtwinklig abwärts gebogen und deutlich angeschmolzen.

Ich lege Ihnen dieses Drahtende, welches, so wie auch das vorher erwähnte, Hr. Leitzmann mir gefälligst verehrt hat, zur Ansicht bei, und bemerke nur noch, daſs der Draht in seiner ganzen Länge an der Oberfläche ziemlich verrostet gewesen, und daſs das in der Dielung des ersten Stockwerks zurückgebliebene verticale Drahtstück sich deutlich magnetisch zeigt, indem das untere abgedrehte Ende den Nordpol, das obere angeschmolzene Ende den Südpol trägt.

(Aus einem Schreiben vom Hrn. Professor Carl Naumann.)

XVI. *Vermischte Notizen.*

1) *Doppelbrechung des Apophyllits.* — Wie Sie sich erinnern werden (schreibt Hr. Rudberg an Hrn. Quetelet), hat Hr. Herschel mittelst der um die Krystallaxe sich bildenden Ringe gefunden, daſs der Apophyllit, obwohl doppelbrechend für die äuſseren Strahlen des Spectrums, dennoch die gelben Strahlen einfach bricht. Er bedauert, sich nicht haben ein Prisma verschaffen zu können; dieſs ist mir indeſs gelungen, indem ich ein Stück Apophyllit zwischen zwei Glasplatten befestigte und mit ihnen gemeinschaftlich zuschleifen lieſs. Die Versuche haben entscheidend das Resultat gegeben:

dafs, in dem von mir angewandten Prisma, *alle Strahlen eine Doppelbrechung erleiden.* Ich mufs hiebei bemerken, dafs zu Utön zwei Arten Apophyllit vorkommen, eine, welche, wie der Kalkspath, ein schwarzes Kreuz mit den gewöhnlichen Farbenringen giebt, und eine andere, welche ebenfalls ein schwarzes Kreuz liefert, aber mit Ringen, die nur olivenfarben und bläulich violett sind. Das Prisma war aus einem Krystall der *letzteren* Art geschnitten. Es ist also wohl möglich, dafs es andere Apophyllite giebt, in denen die gelben Strahlen nur einfach gebrochen werden, wie es übrigens die Beobachtung des Hrn. Herschel erweifst. (*Correspondance math. et phys. T. VIII p.* 221.)

2) *Linien im Spectrum.* (Aus demselben Briefe des Hrn. Rudberg.) — Meine zweite Untersuchung betraf die Frage, ob die Fraunhofer'schen schwarzen Ringe in den Spectris von einer Absorption des Lichts in dem von diesem durchdrungenen Mitteln herrühren. Der Apparat, dessen ich mich hiezu bediente, ist derselbe, welchen ich bei meinen andern Versuchen über die Brechung anwandte. Der einzige Unterschied bestand darin, dafs vor der Oeffnung des Heliostats ein Messingrohr befestigt war, in welchem sich ein anderes Rohr einschieben liefs. Beide Röhren waren an einem ihrer Enden verschlossen, durch ein Planglas mit parallelen Flächen. Wenn das eine Rohr in das andere geschoben war, wie bei einem Fernrohr, standen die beiden Gläser nur wenig von einander ab, doch liefsen sie einen Raum zwischen sich, der mit einer, eine gefärbte Flüssigkeit enthaltenden Röhre in Gemeinschaft stand. Durch Verschiebung des beweglichen Rohrs konnte ich die horizontale Flüssigkeitssäule mehr oder weniger lang, und folglich mehr oder weniger absorbirend machen. Ehe das Licht in das Prisma trat, war es genöthigt durch jene Flüssigkeitssäule zu gehen, wobei die verschiedenen Farbenstrahlen mehr oder weniger geschwächt wurden. Ich habe eine grofse

Anzahl Flüssigkeiten von verschiedener Farbe untersucht, und dabei immer gefunden, *dafs die schwarzen Striche in jeder Farbe des Spectrums, bis zum Verschwinden der Farbe, ihren Ort behalten, und dafs sich durchaus keine neuen Striche bilden.* Es folgt daraus, dafs die Absorptionskraft der farbigen Flüssigkeiten keinen Einflufs auf das Daseyn und die Lage der schwarzen Striche des Spectrums ausübt. Anders verhält es sich bei den Gasen; ich werde mich diesen Sommer damit beschäftigen.

3) *Verfahren, um eine Guitarre ohne Hülfe des Ohrs zu stimmen.* — Diefs Verfahren, von Hrn. E. Bary, Professor der Physik am Collége royal de charlemagne in Paris, angegeben, beruht darauf, dafs die Mittheilung der Schwingungsbewegung durch elastische Media am wirksamsten ist, wenn die Körper in der Nachbarschaft des ursprünglich erschütterten fähig sind mit diesem in Unisono zu vibriren. Wenn daher zwei neben einander befestigte Saiten die zu ihrem Einklang erforderliche Spannung und Länge besitzen, und man bringt die eine zum Tönen, so werden sich die Vibrationen kräftig auf die andere übertragen, und man kann, wie schon Sauveur gethan, diese Uebertragung für das Auge wahrnehmbar machen, wenn man ein Papiersättelchen (*chevron de papier*) auf die anfangs unbewegliche Saite setzt. So wie diese Saite die andere *hört*, wird der Sattel erschüttert und fällt ab. Wenn die beiden Saiten nicht genau im Einklang stehen, wird das Papier sehr schwach oder gar nicht erschüttert, es sey denn die eine Saite bildete die Octave der andern.

Wie dieser Grundsatz zur Stimmung einer Guitarre zu benutzen sey, kann nicht schwer fallen einzusehen. Es wird genügen das Verfahren an einer Saite nachzuweisen. Bekanntlich ist die Guitarre mit sechs Saiten bezogen, die der Reihe nach folgende Töne geben: mi_3, si_2, sol_2, re_2, *la*, *mi*, oder nach der bei uns üblichen Benennung: *e'*, *h*, *g*, *d*, *A*, *E* (wenn statt der für den

Druck sehr ungeschickten Unterstreichung das *e* der höheren Octave durch einen Strich *neben* dem Buchstaben unterschieden wird. *P.*). Gesetzt die dritte Saite gebe den Ton *g* richtig an, und es soll die zweite Saite, welche *h* anzugeben hat, gestimmt werden. Wenn diese zweite Saite schon den Ton *h* richtig giebt, so wird sie mit der *g*-Saite in Einklang kommen, wenn man auf diese den Finger hinter den vierten Steg setzt, weil sie dadurch um so viel verkürzt wird, dafs ihr Ton um vier halbe Töne steigt. Hält man also die Guitarre horizontal zwischen den Knien, setzt auf die *h*-Saite, ein Papiersättelchen, und stimmt die *g*-Saite an, nachdem man sie auf angegebene Art verkürzt hat, so wird das Papier abfallen, sobald die *h*-Saite richtig gestimmt war; widrigenfalls wird es sitzen bleiben. In diesem Fall mufs man den Wirbel dieser Saite drehen, je nachdem die Stimmung zu hoch oder zu niedrig war, in diesem oder jenem Sinne, bis das Sättelchen beim Anstimmen der *g*-Saite abfällt. Man kann auch, indem man den Finger auf einen andern als den vierten Steg des Griffbretts setzt, auf ähnliche Weise erfahren, ob die *h*-Saite zu hoch oder zu niedrig gestimmt war.

Aehnlich ist das Verfahren für die übrigen Saiten; es ist in der Beschreibung weitläufiger als in der Ausübung.

Bisher ist vorausgesetzt, dafs man einen willkührlichen Ton zum Ausgangspunkt nehme. Will man aber, dafs dieser Grundton identisch sey mit dem Ton einer Stimmgabel, so kann man die Tension einer der Saiten, z. B. der dritten oder *g*-Saite so modificiren, dafs ein Papiersättelchen von ihr herabfällt, so wie man die Stimmgabel (die meistens *a* angiebt) ertönen läfst.

Um meinen Zuhörern indefs einen noch auffallenderen Beweis von der Mittheilung der Vibrationsbewegung durch die Luft zu geben, sagt Hr. Bary, pflege ich eine Stimmgabel anzuwenden, an deren Zinken zwei gleich

Digitized by Google

grofse Scheiben von Kupfer- oder Weifsblech gelöthet sind [1]). Nachdem ich durch Probiren eine solche Flasche gefunden habe, dafs die darin enthaltene Luftmasse den leisen Ton der Stimmgabel sehr verstärkt, wenn deren Scheiben dicht über dem Halse der Flasche vibriren, setze ich diese Flasche dicht neben die Guitarre, so dafs, wenn die Saiten horizontal liegen, die Achse der Flasche senkrecht steht. Darauf lasse ich die Stimmgabel ertönen, und ändere die Spannung einer der Saiten so ab, dafs ein auf dieselbe gesetztes Papiersättelchen bei dem sehr verstärkten Ton der Stimmgabel abfällt. Auf diese Weise wirkt die Stimmgabel noch in einer Entfernung von sechs Zoll auf die Saite.

Durch das beschriebene Verfahren kann selbst ein *Tauber* eine Guitarre richtig stimmen, und wenn eine bereits richtig gestimmt ist, unmittelbar nach dieser eine zweite. Auch ist das Verfahren ohne Zweifel auf andere Saiteninstrumente anwendbar. (Auszug aus dem *L'Institut*, *No.* 106 *p.* 167.)

4) *Conservation des destillirten Wassers.* — Ich habe gefunden, dafs sich die Bildung der bekannten grünen Materie im destillirten Wasser dadurch verhindern läfst, dafs man diefs Wasser eine Stunde lang kocht. Auch die Aufbewahrung des Wassers in Flaschen von

1) Dergleichen Stimmgabeln hat sich Hr. Dulong bedient, um die Luft in einem Rohr genau mit dessen Axe parallel in Vibration zu setzen; er verkürzt das Rohr durch Eingiefsung von Quecksilber, bis der Ton des Rohrs, *welcher immer gleich mit dem der Stimmgabel ist,* diesen Ton am meisten verstärkt. (S. Annalen, Bd. XVI S. 465.) Statt des Rohrs ist hier eine weithalsige Flasche genommen. Wenn man diese Flasche vertical und umgekehrt hält, und wenn man neben den vibrirenden Scheiben eine über einen Rahmen ausgespannte und mit Sand bestreute Membrane anbringt, so geräth dieser Sand in Erschütterung und ordnet sich zu Figuren an. Giefst man einige Tropfen Schwefeläther in die Flasche, so verliert der Ton der Stimmgabel fast seine ganze Stärke, aber er erlangt sie wieder, so wie der Aether verdampft ist.

Digitized by Google

gelbem Glase verhindert diese Bildung, die bei chemischen Operationen oft sehr unangenehm ist. (Aus einem Briefe Sr. Durchlaucht des Fürsten zu Salm-Horstmar.)

5) *Angeblicher Titangehalt der hessischen Tiegelmasse.* — Veranlafst durch die kürzlich von den Engländern Brett und Bird aufgestellte Behauptung der Existenz von Titan in der hessischen Tiegelmasse, hat Hr. Schwarzenberg in meinem Laboratorium mehre Almeroder Tiegel auf einen Titangehalt untersucht, aber keinen gefunden. Die Arbeit der Hr. B. und B. verräth überhaupt mehr Anmafsung als Erfahrung; sie enthält durchaus nichts Positives, woraus zu schliefsen wäre, dafs sie Titan vor sich gehabt. Entweder haben sie Kieselerde oder Thonerde, oder beides zugleich für Titansäure genommen. (Aus einem Briefe des Prof. Wöhler.)

6) *Kupferoxydul.* — Zur Bereitung desselben glühen Liebig und Wöhler, wie bekannt, ein Gemenge von 10 Th. Kupferchlorür mit 6 Th. wasserfreien kohlensauren Natrons (Ann. Bd. XXI S. 581), und seit der Zeit hat Hr. Malaguti zu demselben Zweck die (ohne Zweifel weit unvortheilhaftere) Vorschrift gegeben: Ein Gemenge von 100 Th. reinen krystallisirten Kupfervitriols und 57 Th. krystallisirten kohlensauren Natrons zusammenzuschmelzen, die geschmolzene Masse auszugiefsen, fein zu reiben, dann mit 25 Th. Kupferfeilspänen 10 Minuten lang der Weifsglühhitze auszusetzen und darauf mit Wasser auszulaugen. (*Ann. de chim. et de phys. T. LVI p.* 216.) — Ein neues Verfahren giebt Hr. Ullgren in Berzelius's Jahresbericht No. 15. Es ist folgendes. Von wasserfreiem schwefelsaurem Kupferoxyd werden 6 Th., mit 7¼ Th. Kupferfeilspänen gemengt, der Weifsglühhitze ausgesetzt, entweder in einer Porcellanretorte, oder, in Ermangelung derselben, in einem Tiegel, der so zugedeckt seyn mufs, dafs die schweflige Säure zwar fortgehen, nicht aber Luft hinzutreten kann. Erst wenn der Tiegel vollständig erkaltet ist, wird er

geöffnet. Die Masse ist dann körnig, rothbraun. Nach dem Zerreiben und Schlemmen erhält man ein rothes Oxydul, frei sowohl von Schwefel als von überschüssigem Kupfer.

7) *Hemimorphisches Bleisalz von Berg-Gieſshübel.* — In Bezug auf dieses, seiner Krystallform nach, kürzlich (Annal. Bd. XXXIV S. 373) von Hrn. Prof. Naumann beschriebene Mineral, meldet derselbe mir nachträglich Folgendes. Breithaupt hat neulich einige Krystalle jenes Bleierzes (welches er seither als »*Scheelischen Xanthinspath*« der Sammlung eingereiht hatte) zu wägen Gelegenheit gehabt, und gefunden, *daſs sie ihrem Gewichte nach nicht wolframsaures, sondern molybdänsaures Bleioxyd* seyn müssen. Diese Notiz konnte ich selbst nicht herbeischaffen, da ich das Mineral nur mit dem Auge zu prüfen Gelegenheit hatte, und mich daher an Breithaupt's Etikette hielt. (*P.*)

8) *Salpeterschwefelsäure*, $N_2 S_1 O_4$. — Diese neue Säure hat Hr. Pelouze kürzlich entdeckt, und zwar an Ammoniak gebunden erhalten, als er bei —15° bis —20° C. Stickstoffoxydgas mit einer wäſsrigen Lösung von schwefligsaurem Ammoniak zusammenbrachte. Auf ähnliche Weise hat er auch das Kali- und Natronsalz der neuen Säure erhalten, bisher aber noch nicht vermocht die Säure isolirt darzustellen.

Dagegen hat er eine Thatsache beobachtet, die Allem widerspricht, was man bisher über die Bildung der Schwefelsäure gesagt. Zwei Volume Stickstoffoxyd mit einem Volume schwefliger Säure in einer graduirten Röhre einige Stunden in gewöhnlicher Temperatur mit etwas Wasser stehen gelassen, verwandelten sich nämlich in reine Schwefelsäure, und hinterlieſsen ein Volum Stickstoffoxydul. (*L'Institut*, *No.* 115 *p.* 235.)

Digitized by Google

1835. ANNALEN No. 8.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND XXXV.

I. *Neue Untersuchungen über den unmittelbaren Durchgang der strahlenden Wärme durch verschiedene starre und flüssige Körper; von Hrn. Melloni.*

(Schlufs.)

Von den Eigenschaften der unmittelbar durch Körper gegangenen Wärmestrahlen.

Die strahlende Wärme, welche durch eine Glasplatte gegangen ist, durchdringt eine zweite eben so dicke Glasplatte in gröfserem Verhältnifs; die zu dieser zweiten Platte hinaustretenden Strahlen gehen durch eine dritte wiederum in gröfserem Verhältnifs, und so fort. Die Verlüste, welche die Wärmestrahlen beim Durchgang durch eine Reihe solcher Platten erleiden, bezogen auf die auf eine jede Platte einfallende Wärmemenge, bilden also eine abnehmende Reihe; allein der Unterschied zwischen je zwei Gliedern dieser Reihe wird fortwährend kleiner, und strebt folglich gegen eine mehr oder weniger entfernte Gränze hin ganz zu verschwinden; so dafs, nach einer gewissen Zahl von Platten, der Verlust, welchen die Strahlen in den ferneren Platten erleiden, bezogen auf die auf eine jede derselben einfallende Wärmemenge, sich auf eine constante Gröfse reduciren mufs.

Dieselben Erscheinungen stellen sich auch bei einer continuirlichen Masse ein, d. h. wenn man sich ein Glasstück in mehre gleich dicke Schichten getheilt denkt, und man mifst den Verlust der strahlenden Wärme beim Durchgang durch eine jede Schicht, so findet man einen desto geringeren Werth, als der Abstand der Schicht von

Digitized by Google

der Oberfläche, durch welche die Strahlen eintreten, größer ist, und zugleich sieht man, daſs die Verlüste gegen eine von der Dicke der Schichten abhängige Gränze hin constant zu werden suchen. Einen Theil dieser Resultate haben wir bereits in der früheren Abhandlung nachgewiesen, und es ist auch leicht sie für die bei unseren gegenwärtigen Untersuchungen angewandten Wärmequellen mittelst der in unserer ersten Tafel (S. 389) enthaltenen, die Durchlässe der Glasplatten vorstellenden Zahlen zu bestätigen [1]).

1) Man denke sich eine 8 Millimeter dicke Platte in 7 Schichten getheilt, respective von der Dicke der Unterschiede zwischen zwei auf einander folgenden Platten (siehe Tafel S. 389). Die bei Anwendung einer Locatelli'schen Lampe auf die einzelnen Schichten einfallenden Wärmemengen sind:

100 77 54 46 41 37 35 33,5

und die bei den successiven Durchgängen verloren gegangenen Mengen:

23 23 8 5 4 2 1,5.

Nun sind die unmittelbaren Verlüste für ein Hundertel Millimeter von jeder Schicht:

$\frac{23}{7}$ $\frac{23}{43}$ $\frac{8}{50}$ $\frac{5}{100}$ $\frac{4}{100}$ $\frac{2}{100}$ $\frac{1,5}{100}$

oder:

3,286 0,535 0,160 0,050 0,020 0,010 0,007.

Die Verlüste, welche die Strahlen der Lampe in dem ersten Hundertel Millimeter einer jeden Schicht erlitten, bezogen auf die einfallenden Wärmemengen, haben also die Werthe:

$\frac{3,286}{100}$ $\frac{0,535}{77}$ $\frac{0,160}{54}$ $\frac{0,05}{46}$ $\frac{0,02}{41}$ $\frac{0,01}{37}$ $\frac{0,007}{35}$

das heiſst:

0,0328 0,007 0,003 0,0011 0,0005 0,0003 0,0002.

Durch Anstellung einer ähnlichen Rechnung findet man für die Verlüste der Strahlungen des glühenden Platins und des bis 390° erhitzten Kupfers die beiden Reihen:

0,0614 0,0081 0,0032 0,0019 0,0010 0,0005 0,0003
0,0943 0,0155 0,0050 0,0022 0,0014 0,0010 0,0008

Nun sind die Unterschiede zwischen je zwei benachbarten Gliedern bei der ersten Reihe:

0,0258 0,0040 0,0019 0,0006 0,0002 0,0001,

bei der zweiten:

0,0523 0,0049 0,0013 0,0009 0,0005 0,0002

Der einzige Unterschied, den man zwischen den Durchgängen durch ein continuirliches Mittel und durch gesonderte Platten bemerkt, besteht in den Werthen der Verlüste, welche Werthe, für eine gegebene Dicke, bei gesonderten Platten gröſser sind, weil an jeder Trennungsfläche eine Reflexion stattfindet.

Diese Thatsachen können nach der Idee, welche wir uns von der Einwirkung der durchsichtigen Substanzen auf die strahlende Wärme gebildet haben, nicht überraschend seyn. Denn die Wärmequellen senden immer eine mehr oder weniger groſse Menge, für die *Wärmefarbe* (*teinte calorifique*) des Glases gewissermaſsen heterogener, Strahlen aus, welche durch die Absorptionskraft der Substanz der continuirlichen Masse oder der gesonderten Platte, successiv vernichtet werden, bis zuletzt bloſs die für diese *Farbe* homogenen Strahlen übrig bleiben. Diese werden nun in Schichten von gleicher Dicke einen mehr oder weniger schwachen, aber constanten Verlust erleiden, wie es mit dem Licht der Fall ist bei den rothen Strahlen in einem rothen Mittel, und bei weiſsen Strahlen in einem klaren farblosen Mittel.

und bei der dritten:

0,0780 0,0105 0,0028 0,0008 0,0004 0,0002.

Was die vierte Wärmequelle betrifft, so ist es überflüssig von ihr zu reden, da die Strahlen in einem Abstande von einem Millimeter (von der Oberfläche der Platte) vollständig erlöschen.

Ungeachtet der Ungleichheit in den Anwüchsen des Abstandes der zweiten und dritten Schicht von der Eintrittsfläche bemerkt man also dennoch die beiden vorhin aufgestellten Sätze, nämlich: 1) die Abnahme der Verlüste, und 2) das Streben dieser Abnahme gegen eine Gränze, wo der Verlust constant wird. Allein die Punkte des Mittels, wo die Strahlen diese constante Einwirkung erleiden, liegen, für jeden einzelnen Fall, in einem bestimmten Abstand vom Ursprung. Theilt man also ein Glas in gleich dicke Schichten, so tritt die Gränze der Verlust-Abnahme desto später ein, je zahlreicher, d. h. je dünner die Schichten sind. Deshalb ist bei jeder Reihe die Gränze, wo die Verlüste constant werden, abhängig von der Dicke der Elementar-Schichten, wie wir vorhin gesagt.

Was wir so eben von dem Glase sagten, findet seine Anwendung auch auf jede partiell diathermane Substanz.

Der Wärmedurchgang durch eine Reihe homogener Schirme ist also durchaus von gleicher Natur mit dem durch das Innere eines continuirlichen Mittels, welchen letzteren wir bereits untersucht haben, und welcher, wie man gesehen, der Analogie mit dem Lichtdurchgang durch farbige Mittel in keinem Punkte widerspricht.

Es giebt indefs einen besonderen Fall, wo zwei homogene Schirme sich gegen das Licht so eigenthümlich verhalten, dafs es sehr interessant wird, zu untersuchen, ob etwas Aehnliches bei der Wärme stattfinde.

Jedermann kennt die optischen Erscheinungen, welche die meisten, parallel der Krystallaxe geschnittenen Turmalinplatten darbieten. Sind solche Platten so auf einander gelegt, dafs die Axen gleiche Richtung haben, so geht das Licht in beträchtlicher Menge durch; kreuzen sich dagegen die Axen rechtwinklig, so wird es vollständig aufgefangen. Diese Erscheinungen entspringen bekanntlich aus der Polarisation des Lichts im Innern der Platten. Es fragt sich nun: Finden sie auch bei den Wärmestrahlen statt, oder anders gesagt: Wird die strahlende Wärme beim Durchgang durch Turmalinplatten polarisirt?

Um diefs zu erfahren, nahm ich zwei quadratische Kupferplatten von gleicher Gröfse, versah sie in ihrer Mitte mit einer gleichfalls quadratischen Oeffnung, so dafs die Seiten derselben den Rändern der Platten parallel waren, und gleiche Länge hatten mit der kleinsten Breite der polarisirenden Platten. Darauf klebte ich mit Wachs auf jede Oeffnung eine Turmalinplatte, so, dafs deren Axe parallel war einem der Ränder der Oeffnung. Indefs als ich diefs System vertical auf den Träger meines thermo-elektrischen Apparats befestigte und es der Strahlung der Lampe oder des glühenden Platins aussetzte,

gab es beständig den nämlichen Wärmedurchlafs, welche Richtung auch die Seiten der Platten haben mochten.

Um diese Thatsache ganz evident zu machen, brachte ich den Galvanometerzeiger auf 18° oder 20° und unterhielt die Wärmecommunication, während ich eine Platte bald auf diese, bald auf jene Seite setzte. Ich sah alsdann die Flamme oder das glühende Platin abwechselnd verschwinden und wieder erscheinen, während die Magnetnadel fortwährend denselben Grad von Abweichung behielt.

Diesen Versuch habe ich sehr oft mit mehren Turmalinen und unter verschiedenen Durchkreuzungswinkeln der Axen wiederholt; aber immer habe ich dasselbe Resultat erhalten. Die Wärmemenge, welche zwei polarisirende Platten durchdringt, ist also unabhängig von der gegenseitigen Richtung der Krystallaxen dieser letzteren, d. h. *die strahlende Wärme irdischer Abkunft wird beim Durchgang durch die Turmaline nicht polarisirt* [1]).

1) Diefs Resultat scheint den Versuchen Bérard's über die Polarisation der Wärme durch Reflexion zu widersprechen; allein bei unserer Unwissenheit über die Natur der Beziehungen zwischen der Wärme und dem Lichte beweist nicht, dafs, weil es beim Durchgang durch Turmaline keine polarisirte Wärme giebt, es nicht auch bei der Reflexion an Glasflächen keine gebe. Ich mufs jedoch bemerken, dafs geschickte Physiker neuerlich vergebens versucht haben, Wärmestrahlen nach dem Verfahren von Bérard zu polarisiren.

Hr. Powell sagt, dafs er, nachdem er sich durch zweckmäfsige Vorsichtsmafsregeln gegen die Erwärmung der Glasplatten und andere Fehlerquellen in Schutz gestellt, bei der dunkeln Wärme niemals die geringste Spur einer Polarisation wahrgenommen habe; bei leuchtender Wärme, die er vorher durch eine Glasplatte geleitet, *glaubt* er eine geringe, eben wahrnehmbare Wirkung beobachtet zu haben (*Edinburgh Journ. of Science, N. S. Vol. V. p.* 206, eine Fortsetzung des Aufsatzes im Bd. XXI S. 311 dies. Ann.)

Auf der letzten Versammlung britischer Naturforscher zu Cambridge (1833) hat Hr. Lloyd neue Resultate mitgetheilt, die den Schlüssen, welche Hr. Powell aus den seinigen gezogen hat, zur Bestätigung dienen.

Gehen wir jetzt zum Studium des Wärmedurchlasses heterogener Schirme über. Die Wärmestrahlen, welche aus jeder, der Wirkung einer und derselben Quelle ausgesetzten Platte ausfahren, geben, wenn sie auf den thermoskopischen Körper unseres Apparates fallen, eine mehr oder weniger grofse Temperaturerhöhung; und wir haben daraus geschlossen, dafs die Wärmemenge, welche durch eine gegebene Platte geht, mit deren Natur und Dicke variirt. Allein, ist diese *Quantitätsdifferenz* auch der einzige Unterschied zwischen den Strahlen, welche von Körpern verschiedenartiger Natur durchgelassen werden? Diefs werden die folgenden Versuche beantworten.

Läfst man die Strahlen der Locatellischen Lampe, nachdem sie eine durchsichtige, für die strahlende Wärme wenig permeable Platte, z. B. eine Platte von Citronensäure, durchdrungen haben, auf die thermo-elektrische Säule fallen, so erhält man in dem gegenwärtigen Fall, wo die Gesammtwirkung 30° des Thermomultiplicators entspricht, einen sehr schwachen Effect; allein man kann ihn verstärken, indem man die Wärmequelle nähert, oder besser, indem man die Strahlen durch Metallspiegel oder Steinsalzlinsen auf die Platte concentrirt. Ich setze voraus, dafs man quer durch die Citronensäure eine galvanometrische Ablenkung von 25° bis 30° bewirkt habe. — Bei diesem Zustand der Dinge, stelle ich eine Alaunplatte so auf, dafs die zur Citronensäure ausfahrenden Strahlen gezwungen sind, durch dieselbe zu gehen, ehe sie zum thermoskopischen Körper gelangen. Die Magnetnadel geht dann nur um 3 bis 4 Grade zurück.

Jetzt fange ich den Versuch mit einer andern (von der Citronensäure verschiedenen) klaren und farblosen Substanz wieder an, d. h. ich verändere den Abstand der Lampe von der Säule, bis ich mittelst der durch die neue Substanz gegangenen Wärmestrahlen wiederum am Galvanometer eine Ablenkung von 25° bis 30° erhalte. Nun schiebe ich die Alaunplatte ein. Der Galvanome-

Digitized by Google

terzeiger geht nicht blofs 3 bis 4 Grade zurück, wie vorhin bei der Citronensäure, sondern nähert sich dem Nullpunkt noch mehr, und bisweilen ist die rückgängige Bewegung so bedeutend, dafs die Nadel ganz nahe ihre natürliche Gleichgewichtslage erreicht.

Nimmt man statt des Alauns irgend eine andere Substanz zu der invariabeln Platte, auf welche man die zu irgend einem durchsichtigen Körper hinaustretenden Strahlen fallen läfst, so beobachtet man ebenfalls Unterschiede in den entsprechenden Ablenkungen der Galvanometernadel; allein sie sind im Allgemeinen weniger bedeutend, und diefs hat uns veranlafst, dem Alaun den Vorzug zu geben.

Folgendes sind die Resultate, berechnet in Hunderteln der constanten Wärmemenge, die auf die Alaunplatte fiel.

Schirme, aus denen 100 Wärmestrahlen treten, die nun successiv auf eine und dieselbe Alaunplatte fallen.	Anzahl der von dieser Alaunplatte durchgelassenen Strahlen.
Kein Schirm	9
Steinsalz, klar	9
Steinsalz, schielend	9
Borax	11
Adular	14
Kalkspath	22
Bergkrystall	25
Spiegelglas	27
Kohlensaures Ammoniak	31
Gyps	72
Weinsaures Kali-Natron	80
Citronensäure	85
Alaun	90

Man sieht, dafs gleich intensive Strahlungen, die zu den in der Tafel aufgeführten durchsichtigen und farblosen Körper hinaustreten, in sehr verschiedener Menge durch eine und dieselbe Alaunplatte gehen. Es ist eben

Digitized by Google

so wie mit Lichtstrahlen, die aus einem farbigen Mittel treten, eine zweite durchsichtige und farbige Substanz in mehr oder weniger beträchtlicher Menge durchdringen, je nachdem die Farbe der ersten Substanz mehr oder weniger der zweiten analog ist.

Die Wärmestrahlen fahren also aus durchsichtigen Schirmen mit verschiedenen *Eigenschaften* aus, und besitzen, so zu sagen, die der von ihnen durchdrungenen Substanz eigenthümliche *Diathermansie* [1]). Die Citronensäure, das weinsaure Kali-Natron und der schwefelsaure Kalk geben Strahlen, die in reichlicher Menge durch eine Alaunplatte gehen; ihre Diathermansie nähert sich sehr der des Alauns. Glas, Bergkrystall und Kalkspath haben offenbar eine ganz andere Diathermansie, denn sie lassen nur Strahlen durch, welche die Alaunplatte weniger durchdringen. Dasselbe gilt vom Borax, Adular und kohlensaurem Ammoniak. Was die Wärme betrifft, die durch das klare oder opalisirende (*louche*) Steinsalz gegangen ist, so verhält sie sich wie die freie Wärme der Lampe. Der Grund hievon ist offenbar der, dafs das Steinsalz, da es auf die verschiedenen Arten von Wärmestrahlen gleichmäfsig wirkt, sie alle durchläfst, ohne ihre relativen Eigenschaften im Geringsten abzuändern.

Diese Thatsachen bestätigen also vollständig die aus unseren früheren Versuchen gezogenen Folgerungen, die nämlich: 1) dafs die Flamme verschiedene Arten von Wärmestrahlen aussendet, und 2) dafs die durchsichtigen farblosen Körper, das Steinsalz ausgenommen, eine Wirkung ausüben, vermöge welcher sie gewisse Wärmestrahlen auslöschen und andere durchlassen, genau wie es farbige Mittel bei dem Lichte thun.

Es bietet sich natürlich hier die interessante Frage

1) Ich nehme das Wort *Diathermansie* als aequivalent mit *Coloration* oder Wärmefarbe, um alle Verwechslung mit den eigentlichen Farben zu vermeiden. Dieser Ausdruck ist mir von Hrn. Ampère angegeben worden.

dar: Wenn die Diathermansie, d. h. die Eigenschaft, welche in Bezug auf die strahlende Wärme die *Farbe* eines Mittels vorstellt, unsichtbar ist, welche Rolle spielen dann die eigentlichen Farben bei den Wärmedurchgängen.

Mifst man die von einem farbigen Glase durchgelassene Menge von strahlender Wärme, so findet man sie *immer kleiner* als die, welche ein weifses Glas von gleicher Dicke durchläfst. Der Unterschied ist zuweilen sehr bedeutend, obwohl scheinbar in keiner Beziehung zum Orte der Farbe im Spectrum oder zu ihrer Intensität. Wir haben diefs schon in der ersten Abhandlung bemerkt, und es ist leicht sich abermals davon zu überzeugen, wenn man die Augen auf folgende kleine Tafel wirft:

Glasschirme, ausgesetzt der Strahlung einer Locatellischen Lampe, jeder $1^{mm},85$ dick.	Durchgelassen von 100 Wärmestrahlen.
Weifses Glas	40
Dunkelrothes Glas	33
Orangefarbenes Glas	29
Lebhaft gelbes Glas	22
Apfelgrünes Glas	25
Mineralgrünes Glas	23
Blaues Glas	21
Indigfarbenes Glas	12
Dunkel violettes Glas	34
Schwarzes undurchsichtiges Glas	17

Es findet also unzweifelhaft eine Wärme-Absorption durch den Färbestoff statt. Allein, ist diese Absorptionskraft auswählend, d. h. ähnlich der Wirkung der unsichtbaren *Wärmefarben*, welche die farblosen durchsichtigen Körper besitzen, oder wirkt sie unterschiedslos auf alle Strahlengattungen? Diefs werden uns folgende Versuche zeigen, die den früheren ganz ähnlich sind, nur dafs gleiche Wärmemengen durch die Alaunplatte geleitet wurden, welche aus verschiedenfarbigen Glasplatten traten.

Digitized by Google

Schirme, aus denen 100 Wärmestrahlen treten, und darauf successiv auf eine und dieselbe Alaunplatte fallen.	Anzahl der von dieser Alaunplatte durchgelassenen Strahlen.
Weifses Glas	27
Rothes Glas	27
Orangenfarbenes Glas	27
Gelbes Glas	27
Apfelgrünes Glas	5
Mineralgrünes Glas	3
Blaues Glas	27
Indigfarbenes Glas	27
Violettes Glas	27
Schwarzes undurchsichtiges Glas .	1

Die Strahlen also, welche aus einem rothen, orangefarbenen, gelben, blauen, indigfarbenen und violetten Glase austreten, durchdringen eine Alaunplatte in demselben Verhältnisse wie die Strahlen, welche zu einem weifsen Glase hinausfahren. Die zur Zusammensetzung dieser Gläser gehörigen Farbestoffe löschen also nur einen Theil des Wärmebündels aus, das ein weifses Glas durchdringt, ohne die Quantitätsverhältnisse der verschiedenen Strahlengattungen, aus welchen dieses Bündel besteht, merklich zu stören. Sie wirken auf die strahlende Wärme, wie in Bezug auf das Licht die bräunlichen oder schwärzlichen Substanzen, die man in eine klare Flüssigkeit einrührt.

Ganz anders verhält es sich mit den grünen oder dunkelschwarzen Stoffen, denn ihre Einmengung in die Glasmasse ertheilt dieser die Eigenschaft, fast alle Strahlen aufzufangen, die des Durchgangs durch den Alaun fähig sind.

Eine solche Wirkung entspringt aus einer gewissen Modification, welche der grüne oder undurchsichtige schwarze Färbestoff der Diathermansie des Glases einprägt, und wir sahen so eben, dafs diese Art von *Wärmefärbung* unsichtbar ist und ganz unabhängig von der eigentlichen Färbung, da sie in den allerdurchsichtigsten

Körpern vorhanden ist. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daſs die schwarze oder grüne *Farbe* gar nichts mit der Erscheinung zu schaffen habe, sondern daſs letztere von dieser oder jener andern Eigenschaft der Farbestoffe abhänge. In der That habe ich Gläser von sehr lebhaft grüner Farbe gefunden, welche eine weit schwächere Farbe geben als andere Gläser von der nämlichen, aber weniger lebhaften Farbe. Die Gläser, welche am wirksamsten sind, besitzen eine bläulichgrüne Farbe, woraus zu folgen scheint, daſs sie eine ziemlich groſse Menge Kupferoxyd enthalten. Was es auch mit dieser sonderbaren Eigenschaft der grünen und der undurchsichtig schwarzen Farbe so wie mit deren Ursache für eine Bewandtniſs haben mag, so ist sie doch eine unzweifelhafte Thatsache, von der sich jeder Physiker leicht überzeugen kann. Wir werden sogleich neue Beweise von derselben geben; allein zuvor wird es nicht unnütz seyn, die Resultate anzuführen, die mit mehren diathermanen Substanzen nach dem bei den farbigen Gläsern und den farblosen diaphanen Körpern angewandten Verfahren erhalten wurden.

Schirme, aus welchen die 100 Wärmestrahlen treten, die darauf successiv auf eine und dieselbe Alaunplatte fallen.	Zahl der von dieser Alaunplatte durchgelassenen Strahlen.
Undurchsichtig schwarzer Glimmer	2
Grüner Turmalin	7
Schwerspath	12
Saures chromsaures Kali	14
Weiſser Glimmer	15
Beryll	19
Aquamarin	19
Perl-Agat	24
Gelber Agat	24
Gelber Bernstein	30
Gummi	45

Ueber diese Zahlen lassen sich zwei Bemerkungen machen: 1) daſs der grüne Turmalin und der schwarze

Glimmer sich den Gläsern von gleicher Farbe analog verhalten, und 2) dafs der Beryll und der Aquamarin, obwohl sie an Farbe verschieden sind, Strahlen von gleicher Durchgangsfähigkeit für den Alaun durchlassen; dasselbe gilt von den beiden Agaten.

Diese Thatsachen könnte man mit Vortheil benutzen, um gewisse farbige Substanzen, welche zu verschiedenen Varietäten einer einzigen mineralogischen Species gehören, zu erkennen.

Bisher untersuchten wir die Wirkung des Alauns auf eine constante Menge Strahlen, die aus verschiedenen diathermanen Substanzen ausfuhren. Kehren wir nun die Aufgabe um, und sehen was geschieht, wenn man in die Bahn der von einer Alaunplatte ausfahrenden Strahlung diese verschiedenen Substanzen einschaltet.

In der dritten Kolumne der folgenden Tafel findet man die Resultate, welche mir diese Gattung von Versuchen geliefert hat. Es ist fast unnöthig zu sagen, dafs ich sie erhielt, indem ich die verschiedenen Körper einzeln nach einander zwischen den Alaun und die Säule einschob, nachdem mit dem Alaun für sich die gewöhnliche Ablenkung von 30° am Galvanometer erhalten worden war. Die vier folgenden Kolumnen enthalten die Werthe der Transmissionen, welche dieselben Körper geben, wenn sie den von andern Substanzen als Alaun ausfahrenden Strahlen, nämlich denen von schwefelsaurem Kalk, saurem chromsauren Kali, grünen und schwarzen Glase, ausgesetzt werden.

Die Werthe der natürlichen Wärmetransmissionen, d. h. die Resultate, welche man bei unmittelbarer Einwirkung der Strahlen der Lampe erhält, sind in der zweiten Kolumne enthalten.

Digitized by Google

Namen der dazwischen aufgestellten Substanzen. Dicke der Platten, wo sie nicht eigends anders angegeben, 2mm,6.	Durchgelassen von 100					
	unmittelbar. Strahlen d. Lampe.	zum Alaun ausfahrend. Strahlen. (Dicke 2mm,6.)	zum Gyps ausfahrend. Strahlen. (Dicke 2mm,6.)	zum chroms. Kali ausfahrenden Strahl. (Dicke 2mm,6.)	zum grünen Glase ausfahrenden Strahl. (Dicke 1mm,85.)	zum schwarzen Glase ausfahrenden Strahl. (Dicke 1mm,85).
Steinsalz	92	92	92	92	92	92
Flufsspath	78	90	91	88	90	91
Beryll	54	80	91	66	70	57
Kalkspath	39	91	89	56	59	55
Glas, Dicke 0mm,5	54	90	85	68	87	80
Glas, Dicke 8mm	34	90	82	47	56	45
Bergkrystall	38	91	85	52	78	54
Saures chromsaures Kali	34	57	53	71	28	24
Schwerspath	24	36	47	25	60	57
Weifser Agat	23	70	78	30	43	17
Adular	23	23	58	43	50	23
Bernstein	21	65	61	20	13	8
Schwarzer opaker Glimmer, Dicke 0mm,9	20	0,4	12	16	38	43
Gelber Agat	19	57	64	24	35	14
Aquamarin	19	60	57	26	20	21
Borax	18	23	33	23	30	24
Grüner Turmalin	18	1	10	14	24	30
Gemeines Gummi	18	61	52	12	6	4
Gyps	14	59	54	22	9	15
- (Dicke 12mm)	10	56	45	17	5	0,4
Kohlensaures Ammoniak	12	44	34	11	6	5
Citronensäure	11	88	52	16	3	2
Weinsaures Kali-Natron	11	85	60	15	2	1
Alaun	9	90	47	15	0,5	0,3
Farbige Gläser, jedes 1mm,85 dick.						
Weifses Glas	40	90	83	50	67	55
Violettes Glas	34	76	72	42	56	47
Rothes Glas	33	74	69	41	54	45
Orangefarbenes Glas	29	65	58	36	48	39
Apfelgrünes Glas	25	3	20	22	55	50
Mineralgrünes Glas	23	1	15	19	52	58
Gelbes Glas	22	49	46	27	35	30
Blaues Glas	21	47	42	26	34	29
Undurchsichtig schwarzes Glas	16	0,5	18	11	42	52
Indigfarbenes Glas	12	27	26	14	20	17

Digitized by Google

Mehre der in dieser Tafel enthaltenen Zahlenwerthe lassen sich durch Rechnung verificiren.

In der That, wenn zwei Platten von verschiedener Natur gemeinschaftlich der Strahlung der Wärmequelle ausgesetzt werden, so hat ihre Stellung in Bezug auf den Ein- und Austritt der Wärmestrahlen keinen Einfluſs auf die von diesem Systeme durchgelassene Wärmemenge. Dieſs läſst sich leicht beweisen, wenn man die erste Platte an die Stelle der zweiten setzt; denn ungeachtet dieser Vertauschung zeigt der Thermomultiplicator fortwährend denselben Grad von Ablenkung. Nehmen wir nun zwei Platten, die sich abwechselnd in der vorderen und hinteren Stellung befinden, z. B. Alaun und saures chromsaures Kali. Diese beiden Substanzen, für sich 100 directen Wärmestrahlen ausgesetzt, lassen 9 und 34 durch. Die Wärmemenge, welche auf jede derselben einfallen müſste, damit sie 100 durchlieſse, läſst sich leicht nach folgenden Proportionen berechnen:

$$9 : 100 :: 100 : x$$

$$34 : 100 :: 100 : x.$$

Dieſs giebt 1111 für den Alaun und 294 für das chromsaure Kali. Nun wissen wir aus Erfahrung, daſs das chromsaure Kali, wenn es 100 zum Alaun hinausgetretenen Strahlen ausgesetzt wird, 57 durchläſst, und daſs der Alaun von 100 aus dem chromsauren Kali fahrenden Strahlen 15 durchläſst.

Allein die Anordnung des Plattenpaares übt keinen Einfluſs auf dessen Wärmedurchlaſs aus; kehren wir daher das System in dem einen oder anderen Fall bloſs um, dann haben wir dieselben Platten, auf dieselbe Weise den beiden Strahlungen 1111 und 294 ausgesetzt. Die in beiden Fällen durchgelassenen Mengen müssen also den einfallenden Mengen proportional seyn. Dieſs läſst sich wirklich innerhalb der Gränzen von Annäherung, welche die Natur der Versuche erträgt, nachweisen, denn man hat:

57 : 15 : : 1111 : 294.

Die Tafel enthält zehn Plattenpaare, die in beiderlei Sinn den Strahlungen der Wärmequelle ausgesetzt worden sind; es giebt also zwanzig Zahlen, die analogen Proportionen genügen müssen.

Offenbar verlangen übrigens diese Rechnungen, daſs die fünf Platten, aus denen die 100 Strahlen treten, welche successiv auf die ganze Reihe von diathermanen Körpern fallen, dieselben seyen, welche unter gleichen Namen in der ersten Kolumne angeführt sind. Diese Bedingung habe ich auch immer sorgfältig erfüllt.

Die Körper bieten, wenn sie der von Schirmen ausfahrenden Wärme ausgesetzt werden, nicht mehr dieselbe Ordnung des Wärmedurchlasses dar, welche sie unter der unmittelbaren Strahlung der Lampe zeigen. Die eingetretenen Veränderungen haben anscheinend keine Regelmäſsigkeit mehr, sowohl von einer Reihe zur andern, als bei den verschiedenen Gliedern einer und derselben Reihe. So sind Glas, Kalkspath und Bergkrystall für die von den fünf Schirmen ausfahrende Wärme diathermaner als für die directen Strahlen der Wärmequelle. Citronensäure und weinsaures Kali sind für die vom Alaun und Gyps ausfahrenden Strahlen mehr permeabel und für die vom grünen oder schwarzen Glase herstammenden weniger permeabel. Undurchsichtiger Glimmer und Turmalin wirken gerade im umgekehrten Sinne. Einige Substanzen behalten für die strahlende Wärme aus mehren Schirmen eine gleiche Permeabilität. Andere endlich erleiden so groſse Veränderungen, daſs sie alle Phasen des Phänomens durchlaufen, d. h. daſs sie von einem mittleren Durchlaſs auſserordentlich stark und auſserordentlich schwach permeabel werden [1]).

1) Die Veränderung der Durchgangsfähigkeit ist nicht die einzige Modification, welche die strahlende Wärme beim Durchgang durch diathermane Körper erleidet; vielmehr erlangt sie dadurch auch mehr oder weniger die Fähigkeit, in verschiedener Menge

Digitized by Google

Unter allen diesen Wechseln wirkt das Steinsalz immer auf einerlei Weise und läfst von 100 Strahlen immer 92 durch. Es folgt daraus die umgekehrte Proportion, dafs wenn man 100 aus einer Steinsalzplatte ausfahrende Strahlen der Reihe nach auf die übrigen Platten

von schwarzen und weifsen Flächen absorbirt zu werden. Davon kann man sich auf folgende Weise überzeugen.

Man nehme zwei Thermometer von gleicher Empfindlichkeit, und nachdem man die eine Kugel weifs, die andere schwarz bemalt, setze man sie gemeinschaftlich der strahlenden Wärme aus, sowohl der directen als der durch eine Glasplatte gegangenen. Man sieht dann die zwei Thermometer in den beiden Fällen ungleich steigen, aber die Ungleichheit ihres Standes ist bei der durchgelassenen Wärme gröfser. Hr. Powell, den man diesen sinnreichen Versuch verdankt, hat ihn mit den Wärmestrahlen von hell rothglühendem Eisen und einer Argand'schen Lampe angestellt. Das Mittel aus mehren Reihen von Beobachtungen hat ihm das Absorptionsverhältnifs zwischen dem schwarzen und weifsen Thermometer bei dem glühenden Eisen =100: 78, und bei der Argand'schen Lampe =100: 72 gegeben. Diese Verhältnisse wurden bei den von einer Glasplatte durchgelassenen Wärmestrahlen =100 : 50 und 100 : 57 (*Report of the first and second meetings of the british. assoc. for the advanc. of Science, p.* 274 und 275 — auch dies. Ann. Bd. XXI S. 316.)

Ganz analoge Zahlenwerthe habe ich mittelst des Thermomultiplicators erhalten. Die Säule des Apparats wurde wohl abgewaschen, dann auf der einen Seite weifs und auf der andern schwarz bemalt. Die beiden Farben bestanden aus Bleiweifs und Kienrufs, angerührt mit Gummiwasser. Durch Drehung der Säule auf ihrem Gestell kann man die unmittelbaren oder durchgelassenen Wärmestrahlen einer Locatellischen Lampe successiv auf die weifse und schwarze Fläche fallen lassen und die zugehörigen Anzeigen des Galvanometers beobachten. Diefs Verfahren ist leicht und schnell auszuführen, und hat überdiefs den Vortheil, dafs es nur einen einzigen thermoskopischen Körper verlangt, wodurch die Resultate vergleichbarer werden als im Fall wo man zwei Thermometer anwenden mufs, die selten einen gleichen Grad von Empfindlichkeit besitzen.

Ich will hier die Verhältnisse angeben, die bei Anwendung unmittelbarer und durchgelassener Wärme mit mehren Platten

ten wirken läfst, man dieselben Verhältnisse wie bei der unmittelbaren Strahlung erhält, was ich übrigens durch directe Versuche bestätigt gefunden habe.

erhalten habe. Die jedesmal auf der schwarzen Fläche hervorgebrachte Wirkung ist durch 100 vorgestellt:

Strahlende Wärme der Locatellischen Lampe, direct oder durch verschiedene Schirme gegangen.	Absorptionskraft der schwarzen Fläche.	Absorptionskraft der weifsen Fläche.
Directe Strahlen der Lampe	100	80,5
Durchgelassene vom Steinsalz	-	80,5
- - - Alaun	-	42,9
- - - farblosen Glase	-	54,2
- - - hellrothen Glase	-	60,6
- - - dunkelrothen Glase	-	77,8
- - - hellgelben Glase	-	55,5
- - - dunkelgelben Glase	-	63,6
- - - hellgrünen Glase	-	67,4
- - - dunkelgrünen Glase	-	70,5
- - - hellblauen Glase	-	61,0
- - - dunkelblauen Glase	-	66,9
- - - hellvioletten Glase	-	67,6
- - - dunkelvioletten Glase	-	76,7
- - - undurchsicht. schwarz. Gl.	-	84,6

Die Einschaltung des Steinsalzes hat also keinen Einflufs auf das Verhältnifs der von beiden Flächen absorbirten Wärmemengen; Alaun dagegen ändert diefs Verhältnifs bedeutend, und zwar wird die durch eine Alaunplatte gegangene Wärme weit weniger von der weifsen Fläche absorbirt als die directe Wärme; farbloses Glas wirkt in gleichem Sinne, aber schwächer. Was die farbigen Gläser betrifft, so ist ihre Wirkung desto schwächer, je dunkler ihre Farbe ist. Die stärkste Verringerung in der Absorptionskraft der weifsen Fläche wird durch Dazwischensetzung eines gelben Glases bewirkt, die schwächste durch Dazwischensetzung eines rothen oder violetten Glases, und bei jeden zwei Platten von gleichem Farbenton bewirkt die dunklere *beständig* den kleinsten Effect. Die Wirkungsabnahme, welche Gläser zeigen in dem Maafse als ihre Transparenz durch höheren Gehalt an Farbestoff immer dunkler wird, zeigt sich selbst noch bei einem Glase ganz ohne alle Transparenz, denn die undurchsichtig schwarze Glasplatte bewirkt den kleinsten Unterschied in der Wärme-Absorption zwischen der schwarzen und

Nach dem was wir wiederholentlich über die Wirkungsweise der universell und partiell diathermanen Körper gesagt haben, scheint es überflüssig, nochmals hinzuweisen auf die vollkommene Aehnlichkeit dieser Thatsachen mit den Erscheinungen, welche der Durchgang des Lichts durch farblose und farbige klare Mittel darbietet. Wir wollen uns nur noch eine Beobachtung über die eigenthümliche Natur der durch gewisse Schirme gegangenen Strahlen erlauben.

Die zum Alaun ausfahrende Wärme wird von undurchsichtigen Schirmen fast ganz aufgefangen, während sie *alle* farblosen durchsichtigen Platten reichlich durchdringt; sie erleidet keinen meſsbaren Verlust, wenn man innerhalb gewisser Gränzen die Dicke der Lamellen variirt. Ihre Durchgangseigenschaften nähern sich also weit mehr denen des Lichts und der Sonnenwärme.

Betrachten wir nun die Strahlen, die zu den beiden letzten Schirmen austreten. Die opaken Körper lassen von ihnen fast die Hälfte durch; die durchsichtigen Substanzen fangen sie dagegen in sehr verschiedenen Mengen auf, und die durchgelassenen Antheile nehmen mit Vermehrung der Dicke der Platten merklich ab. So besitzen die zum schwarzen und grünen Glase ausfahrenden Strahlen gewissermaſsen entgegengesetzte Durchgangseigenschaften wie die vorhergehenden und analoge wie die der directen Wärme der Flamme, aber noch hervortretendere, denn sie werden von den allerdurchsichtigsten Körpern fast vollständig absorbirt.

Ich habe mich dieser letzteren Thatsachen bedient,

weiſsen Fläche. Ungemein merkwürdig ist aber die Thatsache, daſs die durch eine schwarze Glasplatte gegangenen Wärmestrahlen stärker von der weiſsen Fläche absorbirt werden als die unmittelbaren Strahlen der Lampe, so daſs die Dazwischensetzung des schwarzen Glases auf die directe Wärme eine umgekehrte Wirkung hervorbringt, wie die, welche die Dazwischensetzung des weiſsen Glases auf die nämliche Wärme erzeugt.

Digitized by Google

um auf eine sehr einfache Art zu erweisen, daſs das Sonnenlicht analoge Wärmestrahlen besitzt, wie sie in der strahlenden Wärme irdischer Quellen enthalten sind.

Zu dem Ende leitete ich durch eine, mit einem grünen Glase verschlossene Oeffnung einen Sonnenstrahl in ein verfinstertes Zimmer, und zwar auf eine der geschwärzten Kugeln eines sehr empfindlichen Differentialthermometers. Die Flüssigkeitssäule sank um mehre Grade; darauf schob ich dicht bei der Oeffnung eine dünne Platte farblosen Glases ein, und die Flüssigkeit kehrte ein wenig zurück; noch deutlicher wurde die rückgängige Bewegung, als ich statt der dünnen Glasplatte eine dickere anwandte. Nun nahm ich das farblose Glas fort und setzte an seine Stelle eine Steinsalzplatte; sogleich ward die Flüssigkeit mit Kraft zurückgetrieben; sie stieg ganz nahe auf ihre ursprüngliche Höhe zurück, als ich das Steinsalz durch eine sehr klare Alaunplatte ersetzte. Es giebt also unter den Wärmestrahlen der Sonne einige, die der irdischen strahlenden Wärme ähnlich sind. Andererseits hat man so eben gesehen, daſs die Wärmestrahlen der irdischen Flammen, welche eine Alaunplatte durchdrungen haben, beim nachherigen Durchgang durch Glas und andere klare Substanzen einen sehr schwachen Verlust erleiden, wie die Sonnenwärme; und daraus ist zu folgern, daſs unter den Wärmestrahlen der brennenden Körper sich einige, der Sonnenwärme ähnliche, befinden. *Die Unterschiede, welche man zwischen den Durchgangseigenschaften der irdischen und der Sonnen-Wärme wahrnimmt, entspringen also aus einer bloſsen Mengung mehrer Strahlengattungen in verschiedenen Verhältnissen.*

Kehren wir indeſs zu der Wärme zurück, die von mehren, der Strahlung einer Lampe unterworfenen Schirmen ausfährt.

Wir haben gesagt, daſs die rothen, orangenen, blauen, indigfarbenen und violetten Farbstoffe der gefärbten Glä-

Digitized by Google

ser auf die strahlende Wärme wirken, wie die dunkeln Substanzen eines farbigen Mittels auf das Licht, d. h. dafs sie die vom Glase durchgelassene Wärmemenge verringern, ohne die Diathermansie abzuändern.

Bei Annahme dieses Satzes ergiebt sich für den Fall, dafs verschiedenartige Strahlen, wie die, welche zu den fünf in der Tafel enthaltenen Schirmen ausfahren, auf eine Reihe gefärbter Gläser fallen, nachstehende Folgerung. Die Wärmetransparenzen dieser Platten werden sich alle erhöht oder geschwächt finden proportinal der Veränderung, welche in der Diathermanität des weifsen Glases erzeugt wird. Und diefs hat sich auch bei unsern Versuchen ergeben. Denn wenn man die natürlichen Transmissionen des weifsen, rothen, orangefarbenen gelben, blauen indigfarbenen und violetten Glases nimmt und sie mit den Transmissionen vergleicht, welche dieselben Platten mit den zu irgend einem unserer Schirme ausfahrenden Strahlen zeigen, so findet man immer die nämlichen Verhältnisse zwischen den verschiedenen Gliedern jeder Reihe.

Was das schwarze und grüne Glas betrifft, so geschehen bei diesen die Veränderungen des Durchgangs bald in gleichem, bald im umgekehrten Sinn, wie bei den andern Glasplatten. Diese Unregelmäfsigkeiten dürfen nicht überraschen, denn das Grün und Schwarz ändern die natürliche Diathermansie des Glases, und machen es geschickt, mehr oder weniger grofse Wärmemengen durchzulassen, je nachdem die zu den verschiedenen Schirmen austretenden Strahlen an sich eine Diathermansie besitzen, die mehr oder weniger derjenigen analog ist, welche diese beiden Farbstoffe der Glasmasse eingeprägt haben [1]).

1) In einer Anmerkung zur früheren Abhandlung (S. 122 dieses Bandes) äufserte ich, dafs der Thermomultiplicator für das Studium der Wärmestrahlungen allen älteren thermoskopischen Apparaten vorzuziehen sey. Die grofse Zahl von Versuchen, welche ich seitdem mittelst dieses Instruments ausgeführt, haben mir die Richtigkeit meiner Meinung bis zur Evidenz erwiesen. Nun

Schlufs.

Ich gedachte hier über die Hypothesen, welche man zur Erklärung der Wärme-Erscheinungen vorgeschlagen hat, und über die Frage, ob Licht und strahlende Wärme

bleiben aber noch viele Experimental-Untersuchungen anzustellen übrig, nicht blofs über die Klasse von Erscheinungen, die wir kaum aus dem Gröbsten kennen lernten, sondern über alle Zweige der Lehre von der strahlenden Wärme. Es ist daher im Interesse der Wissenschaft wünschenswerth, dafs die Physiker, welche sich mit diesen Untersuchungen beschäftigen wollen, sich mit einem Thermomultiplicator versehen. Unglücklicherweise gehört dieser Apparat zu denen, die man in dem zu guten Beobachtungen erforderlichen Grade von Vollkommenheit sich selbst erst nach vielen zeitraubenden Probiren verfertigen kann, und an einigen Orten, aus Mangel an Materialien, gar nicht. Deshalb habe ich es für zweckmäfsig gehalten, einen Pariser Künstler in den Stand zu setzen, das Publicum mit diesem Apparat zu versehen. Man findet sie vortrefflich bei Hrn. F. Gourjon, Rue des Nonandières No. 2. Die Beschreibung der sinnreichen Mittel, welche dieser geschickte Mechaniker angewandt, um dem Thermomultiplicator alle von mir gewünschten Vollkommenheiten zu geben, würde mich zu weit führen. Ich begnüge mich also damit, die Haupt-Uebelstände anzugeben, welche mit den ersten, von Hrn. Nobili und mir am 5. Sept. 1831 der Academie vorgezeigten Instrumenten dieser Art verknüpft waren, und sich bei den von Hrn. Gourjon construirten nicht mehr finden.

Zunächst war das Volum der thermo-elektrischen Säule zu grofs (36 bis 40 Quadratcentim. Querschnitt) und diefs verhinderte, mit kleinen Wärmebündeln zu experimentiren; dann gaben die Galvanometer keine kleineren Werthe als halbe Grade an, und die Magnetnadeln blieben, statt auf den Nullpunkt der Theilung zurückzukehren, bald rechts, bald links davon stehen, zuweilen in einem Abstand von 10°. Da die Rähme fast alle von Holz waren, so krümmten sie sich häufig bei Veränderungen im Feuchtigkeitszustande der Atmosphäre und machten das Instrument unbrauchbar.

Die Thermomultiplicatoren von Hrn. Gourjon haben thermo-elektrische Säulen, deren wirksame Flächen nicht gröfser sind als der Querschnitt eines gewöhnlichen Thermometers (3 Quadratcentimeter). Die Galvanometer sind, abgerechnet die kleinen zur Isolirung nothwendigen Stücke, ganz in Kupfer montirt;

Digitized by Google

identisch seyen, einige allgemeine Betrachtungen anzustellen; allein da diese beiden Wesen nirgends inniger als in den Sonnenstrahlen vereinigt sind, so müfste man sich, ehe man zu dergleichen Betrachtungen überginge, eine einigermafsen vollständige Sammlung numerischer Resultate über die Transmission der Sonnenwärme nach den verschiedenen von uns angewandten Verfahrungsarten verschaffen; aber die Versuche dieser Art, welche ich bisher zu unternehmen vermochte, sind dazu weder zahlreich noch mannigfaltig genug. Ich lasse mich daher für jetzt in keine Erörterung über die Natur der Wärme ein, und schliefse dagegen mit einer Aufzählung der Hauptfolgerungen, zu welchen wir durch das Studium der strahlenden Wärme irdischer Abkunft gelangt sind, damit man sie mit einem Blick übersehen und leichter mit den analogen Eigenschaften des Lichts vergleichen könne.

Die strahlende Wärme geht unmittelbar und in gröfserer oder geringerer Menge durch starre und flüssige Körper einer gewissen Klasse. Diese Klasse ist nicht genau die der durchsichtigen Körper, denn es giebt opake oder wenig durchscheinende Platten, welche diathermaner, d. h. für die strahlende Wärme permeabler sind als andere ganz durchsichtige Platten.

Es giebt verschiedene Arten von Wärmestrahlen. Flammen senden sie alle gleichzeitig und in verschiedenen Verhältnissen aus; in der Wärme aus anderen Quellen fehlen dagegen gewisse Gattungen.

Steinsalz, in Gestalt einer Platte successiv gleich starken Strahlungen verschiedener Abkunft ausgesetzt, gestattet immer einer gleichen Wärmemenge den unmittelbaren Durchgang. Eine Platte von anderer diathermaner Substanz läfst dagegen unter denselben Umständen desto ge-

ihre Angaben erstrecken sich bis auf $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{8}$ Grad, und bei Ruhe stehen die Nadeln genau über dem Nullpunkt. Es braucht wohl kaum hinzugefügt zu werden, dafs die so vervollkommten Instrumente nichts an Empfindlichkeit verloren haben.

ringere Mengen durch als die Temperatur der strahlenden Quelle niedriger ist; allein die Unterschiede von einer Transmission zur andern nehmen ab, so wie man eine dünnere Platte anwendet. Daraus folgt, dafs die Wärmestrahlen aus verschiedenen Quellen in mehr oder weniger grofser Menge absorbirt werden, nicht an der Oberfläche und vermöge einer mit der Temperatur der Wärmequelle variirenden Absorptionskraft, sondern im Innern der Platte selbst durch eine Absorptionskraft, ähnlich der, welche gewisse Lichtsorten in einem farbigen Mittel auslöscht.

Zu derselben Folgerung gelangt man durch Betrachtung der Verlüste, welche die Wärmestrahlung einer Quelle von hoher Temperatur erleidet, wenn sie die successiven Schichten einer dicken Platte von anderer diathermaner Substanz als das Steinsalz durchdringt. Denkt man sich nämlich die Platte getheilt in mehre gleich dicke Schichten, und bestimmt man durch den Versuch für jede dieser Schichten das Verhältnifs der verlornen Menge zur eingefallenen, so findet man, dafs der so berechnete Verlust rasch abnimmt mit Entfernung von der Eintrittsfläche; allein die Abnahme wird immer unmerklicher, so dafs der Verlust, wenn die Strahlen in einer gewissen Tiefe angelangt sind, einen unveränderlichen Werth erhalten mufs. Es ist genau, was mit einem gewöhnlichen Lichtbündel geschieht, das in ein farbiges Mittel eintritt; denn die Strahlen von anderer Farbe als die des Mittels erlöschen in den vorderen Schichten, und daher sind die Intensitätsverlüste des Lichtbündels anfangs sehr grofs; allein sie werden allmälig kleiner und zuletzt sehr klein, aber constant, sobald nur die Strahlen von gleicher Farbe mit dem Mittel übrig sind.

Ein dritter Beweis von der Analogie zwischen der Wirkung diathermaner Körper auf die strahlende Wärme und der Wirkung farbiger Mittel auf das Licht ergiebt sich aus den successiven Transmissionen durch hetero-

Digitized by Google

gene Schirme. Die Lichtstrahlen, welche zu einer farbigen Platte hinaustreten, durchdringen eine zweite ebenfalls gefärbte Platte entweder reichlich oder erleiden darin eine starke Absorption, je nachdem die Farbe dieser zweiten Platte der Farbe der ersten mehr oder weniger ähnlich ist. Vollkommen analoge Thatsachen beobachtet man aber beim Durchgang der strahlenden Wärme durch Schirme von verschiedener Natur. Und hier verhält sich das Steinsalz in Bezug auf andere Körper wie bei den Wärmestrahlen aus Quellen von verschiedener Temperatur; d. h. wenn eine gegebene Platte successiv gleich starken zu verschiedenen Schirmen hinausfahrenden Wärmestrahlungen ausgesetzt wird, so läfst sie eine constante Wärmemenge durch, sobald sie von Steinsalz ist, dagegen eine variable Menge, sobald sie aus irgend einer andern diathermanen Substanz besteht.

Es giebt also nur einen einzigen diaphanen und farblosen Körper, welcher wirklich auf Licht- und auf Wärmestrahlen in gleicher Weise einwirkt. Alle übrigen lassen Licht von jeglicher Art ohne Unterschied durchgehen, absorbiren aber gewisse Wärmestrahlen und lassen andere durch. So findet man bei diesen Körpern eine wahrhafte Wärmefärbung, welche unsichtbar ist, und also gänzlich verschieden von der eigentlichen Färbung. Diese Wärmefärbung haben wir Diathermansie genannt.

Die Farben, die einem durchsichtigen Mittel beigemischt sind, schwächen immer mehr oder weniger die Diathermanität desselben, theilen ihm aber nicht die Eigenschaft mit, vorzugsweise gewisse Wärmestrahlen aufzufangen; sie wirken auf den Durchgang der strahlenden Wärme ein, wie die braunen Substanzen auf den Durchgang des Lichts. Zwar machen das Grün und das undurchsichtige Schwarz wenigstens gewisser gefärbter Gläser eine Ausnahme, allein diese beiden Farbstoffe scheinen hier nur modificirend auf die Diathermansie zu wir-

ken, auf eine Eigenschaft, welche, wie wir gesehen, durchaus verschieden ist von der eigentlichen Färbung.

Die Wärmemenge, welche zwei Turmalinplatten durchdringt, ändert sich nicht mit dem Winkel, unter welchem man die Krystallaxen beider Platten sich kreuzen läfst. *Auf diese Weise lassen die Wärmestrahlen sich also nicht polarisiren*, und darin weichen sie gänzlich von den Lichtstrahlen ab [1]). Allein sie ähneln den Licht-

1) Diefs Resultat des Hrn. Melloni würde diejenige Hypothese unterstützen, nach welcher die Wärme aus *longitudinalen* Aetherschwingungen besteht, denn bei einer solchen Schwingungsweise ist wohl eine *Interferenz*, nicht aber eine *Polarisation* denkbar, wie denn auch bei der Fortpflanzung des Schalls durch die Luft, die gleichfalls mittelst Schwingungen in Richtung der Strahlen geschieht, die *Polarisation ein Unding ist*.

Indefs mufs hier doch bemerkt werden, dafs neuerlich Hr. Prof. Forbes in Edinburg, ungeachtet der auf S. 533 aufgezählten negativen Resultate des Hrn. Melloni, die ihm wohl bekannt waren, nicht blofs die Wärme mittelst Turmaline, sondern auch durch Reflexion und Refraction polarisirt, und eben so eine Depolarisation derselben beobachtet haben will. Der Raum gestattet uns nicht, die etwas weitläufige Untersuchung des Hrn. Forbes (enthalten in dem *Phil. Mag. Ser. III Vol. VI p.* 134. 205. 284. 366) ausführlich mitzutheilen; wir begnügen uns daher mit Anführung einiger Hauptresultate, und bemerken dabei, dafs sie ganz nach dem von Hrn. Melloni angewandten Verfahren mittelst eines Thermo-Multiplicators erhalten worden sind. Hrn. Forbes Abhandlung zerfällt in vier Paragraphen.

Der erste handelt von der fraglichen Mondswärme. In Betracht, dafs diese, wenn sie existire, durch Glas gehen müsse, weil sie ein Theil der Sonnenwärme ist, von Licht begleitet wird, und auf ihrem Wege durch die Atmosphäre, zufolge der Versuche von Delaroche, nothwendig an Durchgangsfähigkeit gewonnen hat — stellt Hr. Forbes vor dem Thermo-Multiplicator eine Polyzonallinse auf, welche, seiner Rechnung nach, nach Abzug des, was durch Reflexion verloren geht, das Mondslicht 3000 Mal verstärkt. Allein trotz dieser Verstärkung hat Hr. F., indem er das Mondslicht abwechselnd auf die Linse fallen liefs und mit einer vor ihr aufgestellten Papptafel auffing, keinen entscheidenden Beweis von dem Daseyn der Mondswärme erhalten. Er beobachtete nur eine zweifelhafte Ablenkung von einem Viertel-

Digitized by Google

strahlen in der Eigenschaft, sich brechen zu lassen. Diefs läfst sich am vollkommensten mit dem Steinsalz nachwei-

grad, und daraus schliefst er (die Data der Rechnung waren: die 3000malige Verstärkung des Mondslichts, die Gröfse des Mondsbilds, die nur ein Viertel von der Querfläche der Säule betrug, und der durch Vergleich mit einem Leslie'schen Photometer gefundene Werth eines Galvanometergrads =0,02 Centigrad) es sey unmöglich, dafs das directe Licht des Mondes das Thermometer in unsern Breitengraden um $\frac{1}{300000}$ Centigrad steigen mache. (Vergl. Annal. Bd. XXVII S. 449.) Die Vorsetzung der Glaslinse hat übrigens den Vortheil, dafs dadurch die Strahlung von der thermischen Säule aus nach dem Himmelsraum hin verhütet wird, welche sonst hiebei störend wirkt.

Der zweite Paragraph enthält die Versuche zum Erweise der *Polarisation der Wärme durch Turmaline.* Sie wurden mit zwei Paaren auf Glas befestigter Turmalinplatten und mit vier verschiedenen Wärmequellen angestellt. Im Fall die Krystallaxen der Platten sich rechtwinklich kreuzten (der Lichtdurchgang also gänzlich vernichtet war) fand er, dafs immer etwas weniger Wärme durchging wie im Fall des Parallelismus der Axen. Der Unterschied der in beiden Fällen durchgehenden Wärmemenge ist, nach Hrn. F., der polarisirte Antheil der Wärme, und er betrug, ausgedrückt in Procenten der beim Parallelismus der Axen durchgehenden Wärmemenge:

Bei der Wärme	Beim ersten Turmalinpaar.	Beim zweiten Turmalinpaar.
der Argand'schen Lampe		16
- Oellampe	14	11
des glühenden Platins	15	12
- Messings von 700° F.		3.

Die Wärme des bis 700° erhitzten Messings war von keinem Licht begleitet.

Die *Polarisation der Wärme durch Refraction*, von welcher der dritte Paragraph handelt, wurde auf ähnliche Weise nachgewiesen. Statt der Turmalinplatten bediente sich Hr. F. dabei zwei kleiner Säulen von (10) Glimmerblättchen, hinter einander aufgestellt, und zwar unter solchem Winkel gegen die Wärmestrahlen, dafs diese, wären sie Licht, polarisirt werden mufsten. Die Glimmersäulen wurden nun abwechselnd mit ihren Refractionsebenen (die mit, wie Hr. F. sagt, einem der sogenannten neutralen Schnitte des Glimmers coincidirten) paral-

sen, dem einzigen diathermanen Körper, welcher fähig ist, Wärmestrahlen jeglichen Ursprungs durchzulassen.

lel und rechtwinklich unter sich aufgestellt, und die entsprechende Wirkung am Thermo-Multiplicator beobachtet. Im Fall der Rechtwinklichkeit jener Ebenen ging immer weniger Wärme durch, als im Fall ihres Parallelismus. Nachstehende Tafel enthält den Unterschied der in beiden Fällen durchgegangenen Wärme oder den polarisirten Antheil derselben, ausgedrückt in Procenten der im letzteren Fall durchgegangenen Wärme:

Wärmequelle	Durch die Glimmersäulen polarisirte Wärme.
Argand'sche Lampe	29
Locatelli's Lampe	24
Alkoholflamme	36
Glühendes Platin	40
Messing von etwa 700° F.	22
Quecksilber von etwa 500° F. im Tiegel	17
Wasser, unter 200° F.	6
Polarisirter Licht-Antheil	89.

Depolarisation und *Doppelbrechung*. Die Depolarisation (oder Dipolarisation, wie Hr. F. diesen Vorgang nennt, weil dabei Ein polarisirter Strahl immer in zwei polarisirte Strahlen zerfällt wird) wurde in Analogie mit der beim Licht erhalten, indem Hr. F. ein Glimmerblättchen von der gehörigen Dicke zwischen die Glimmersäulen einschaltete, und zwar so, dafs die Wärmestrahlen es senkrecht durchdringen mufsten. Wenn nun die Glimmersäulen mit ihren Refractionsebenen *rechtwinklich* gegen einander standen (sie also das Minimum der Wärme durchliefsen), und man das eingeschaltete Glimmerblättchen mit seinem Hauptschnitt successiv die Winkel 0° und 45° mit der Refractionsebene der ersten Säule machen liefs, so nahm auch entsprechend die durchgehende Wärmemenge zu.

Bei Anwendung der Strahlung des bis 700° F. erhitzten (noch nicht leuchtenden) Messings stieg die Transmission, wenn das Glimmerblatt von 0° bis 45° gedreht wurde, bei vier Versuchen von 100 auf 110, 120, 122 oder 125.

Bei Anwendung der Wärme des glühenden Platins wurde unter gleichen Umständen eine Erhöhung der Transmission von 100 auf 116, 118, 138 wahrgenommen. Selbst die nicht leuchtende Wärme einer Quelle von noch nicht 200° F. vermochte Hr. F. vollständig zu depolarisiren.

Digitized by Google

Was die gewöhnlichen Linsen und Prismen betrifft, so können sie nur einen gewissen Antheil der strahlenden

Aus der Fähigkeit der Wärmestrahlen sich depolarisiren, d. h. sich in zwei gegen einander rechtwinklich polarisirte Strahlen zerfällen zu lassen, folgert Hr. F., dafs die Wärme auch der *Doppelbrechung* fähig seyn müsse.

Wenn man zwei Turmalinplatten so aufstellt, dafs ihre Axen einmal parallel und das andere Mal senkrecht gegen einander stehen, so wird im ersten Fall das Maximum und im zweiten Fall das Minimum vom Licht durchgehen. Wenn man nun ein Glimmerblatt einschiebt, so dafs sein sogenannter Hauptschnitt einen Winkel von 45° mit den Turmalinaxen macht, so wird die Lichtintensität im ersten Fall um eben so viel geschwächt werden, als sie im zweiten zunimmt.

Einen analogen Versuch hat Hr. F. mit der Wärme des bis 500° F. erwärmten Quecksilbers, des bis 700° erhitzten Messings, des glühenden Platins und der Argand'schen Lampe angestellt, und sich dabei von der Gleichheit des Gewinnes und Verlustes in den beiden Fällen überzeugt.

Endlich giebt Hr. F. noch eine Methode an, die Länge der Wärmewellen zu berechnen. Wenn man, beim Experimentiren mit Licht, zwei Glimmersäulen (Glassäulen oder Turmalinplatten) nach einander mit ihren Polarisationsebenen in die parallele und rechtwinklich gekreuzte Stellung bringt, während ein Glimmerblättchen eingeschaltet ist, dessen sogenannter Hauptschnitt einen Winkel von 45° mit der ersten Polarisationsebene macht, so entsprechen die Intensitäten des in jenen beiden Fällen zum System hinausfahrenden Lichtbündels den Intensitäten des ordentlichen und aufserordentlichen Bildes, welches man erblicken würde, wenn man statt der zweiten Glimmersäule (Turmalinplatte) ein Kalkspathrhomboëder nähme, und dessen Hauptschnitt der Polarisationsebene der ersten Säule parallel stellte. Diese Intensitäten sind nach Fresnel:

$$O^2 = F^0\left[1 - sin^2\pi\left(\frac{o-e}{\lambda}\right)\right] \text{ und } E^2 = F^2 . sin^2\pi\left(\frac{o-e}{\lambda}\right),$$

worin F^2 die totale Lichtintensität, $o-e$ die Retardation zwischen dem ordentlichen und aufserordentlichen Strahl, und λ die Wellenlänge der angewandten Lichtgattung bezeichnet. Kennt man $o-e$ und λ, so läfst sich das Verhältnifs von E^2 oder F^2-O^2 zu F^2 berechnen. Umgekehrt, wenn F^2 und E^2 oder F^2-O^2 bekannt sind, so wie $o-e$, kann man daraus λ bestimmen.

Um diese Sätze auf die Wärme anzuwenden, bestimmt Hr.

Wärme brechen; denn das Glas fängt mehre Arten aus Quellen von hoher Temperatur herstammender Wärmestrahlen

F. zunächst das Verhältnifs E^2 oder $F^2 - O^2$ zu F^2 durch den Versuch. Wie diefs geschah, wird folgendes Beispiel zeigen. Bei Anwendung von glühendem Platin als Wärmequelle beobachtete er Folgendes:

Azimuth			Ablenkungen des Galvanometers
der ersten Glimmersäule.	des Glimmerblättchens.	der zweiten Glimmersäule.	
0	0	0	$18^\circ{,}0 = a$
0	45	0	$15{,}3 = b$
0	45	90	$14{,}8 = c$
0	0	90	$12{,}0 = d$

Angenommen dafs die Ablenkungen des Galvanometers den Wärmeintensitäten proportional seyen (eine Annahme, die Hr. F. immer macht, wiewohl sie eigentlich nicht gerechtfertigt ist, und für grofse Ablenkungen leicht bedeutend unrichtig seyn könnte) ist dann:

$$F^2 = a - d = 6{,}0$$
$$O^2 = b - d = 3{,}3$$
$$E^2 = c - d = 2{,}8 = F^2 - O^2,$$

also $F^2 : E^2 = 100 : 46$.

Nachdem das Verhältnifs $F^2 : E^2$ so bestimmt ist, mittelt er $o - e$ für das angewandte Glimmerblättchen aus, und zwar in der Voraussetzung, dafs Licht- und Wärmestrahlen gleichmäfsig retardirt werden, durch die Farbe, welche das Blättchen im polarisirten Lichte zeigt. In der ferneren Voraussetzung, dafs die angewandte Wärme *homogen* oder nicht homogen sey, kann er dann aus den erhaltenen Resultaten wenigstens einigermafsen schliefsen, ob die Wärmewellen länger oder kürzer sind als die Lichtwellen.

Hr. F. wandte zwei Glimmerblättchen an: No. 1 für das $o - e = 0{,}00004$ Zoll war, und No. 2 für das $o - e = 0{,}00002$ Zoll. Mit diesen fand er:

Glimmer No. 1:	$F^2 : E^2$
Argand'sche Lampe	100 : 80
Glühendes Platin	100 : 78
Messing, etwa 700° F.	100 : 69.

Digitized by Google

auf und absorbirt fast die Gesammtheit der Wärme, welche Körper von niedrigerer Temperatur als die Rothgluth aussenden. Daher denn der bisherige Zweifel an der Brechbarkeit der dunkeln Wärme.

Glimmer No. 2:		$F^2 : E^2$
	Argand'sche Lampe	100 : 66
	Glühendes Platin	100 : 47
	Messing von etwa 700° F.	100 : 52
	dito	100 : 51
	Quecksilber von etwa 500° F.	100 : 52.

In den vier letzten Fällen, wo nahe $E^2 = \frac{1}{2} F^2$ mufste die durchgegangene Wärme circular polarisirt seyn — und diefs zeigte sich ihm auch dadurch, dafs beim Drehen der zweiten Glimmersäule die Intensität dieser Wärme unverändert blieb.

Aus diesen Versuchen, aus der Erfahrung, dafs ein sehr dünnes Glimmerblättchen, welches im polarisirten Licht eine schwach blauweifse Farbe zeigte und vollkommen circular polarisirtes Licht gab, die Wärme nicht depolarisirte, sondern blofs auffing — so wie endlich aus der von Hrn. Melloni beobachteten *geringeren Brechbarkeit* der Wärmestrahlen — folgert Hr. Forbes, dafs die Wärmewellen *länger* als die Lichtwellen seyen.

Schliefslich mag hier noch die Bemerkung stehen, dafs auch Hr. Matteucci neuerlich seine früheren Beobachtungen über die *Wärme-Interferenz* wiederholt hat (Ann. Bd. XXVII S. 462), hauptsächlich, um dem Einwurf zu begegnen, als habe er zur Wärmequelle einen heifsen Körper von zu grofsen Dimensionen angewandt. Bei diesen neuen Versuchen nimmt er daher statt der erhitzten Kugel einen dünnen ausgespannten Draht, den er durch Verbindung mit einer einfachen voltaschen Kette zum Glühen bringt. Im Uebrigen war der Apparat dem früheren ähnlich, und eben so ergaben sich auch dieselben Resultate wie mit jenem (*L'Institut, No.* 80 *p.* 383, und ausführlicher *Biblioth. universelle, T. LVII p.* 74).

Digitized by Google

II. *Nachträge zu den Abhandlungen des Hrn. Melloni.*

1) Wärme-Spectrum der Sonne.

(Ein Schreiben des Hrn. Melloni an die Pariser Academie)[1].

Die relative Intensität der verschiedenen Strahlen, aus welchen das Wärmespectrum der Sonne besteht, ist der Gegenstand langer Discussionen gewesen. Wie bekannt fanden Landriani, Rochon und Sennebier das Temperatur-Maximum im Gelb, Berard am Ende des Roth, Herschel, Englefield und Davy im dunkeln Raum dicht neben der Gränze des Roth. Offenbar können so grofse Verschiedenheiten zwischen den Resultaten in der Kunst des Experimentirens so geübter Physiker nicht Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden; und wenn damals nicht die Idee einer vollkommenen Uebereinstimmung in der Wirkung durchsichtiger Körper auf die Licht- und Wärmestrahlen vorherrschend gewesen wäre, würde man über den Ort des Temperatur-Maximums im Spectrum nicht zweifelhaft geblieben seyn, sondern geschlossen haben, dafs er nach der Substanz des angewandten Prismas verschieden sey, — eine Folgerung, zu welcher Seebeck und Wünsch späterhin gelangten, als sie mit Wasser, Alkohol, Glas und Terpenthinöl experimentirten. Allein die Natur der Substanz, aus welcher das Prisma besteht, ist nicht der einzige Umstand, welcher auf die Temperaturen in verschiedenen Theilen des Prismas einwirkt.

Ich habe aus drei Glasplatten von drei Viertelzoll Breite ein hohles Prisma verfertigt, und es, nachdem es an einem Ende verschlossen worden, mit Wasser gefüllt.

1) Es bildet einen Zusatz zu dem, was Hr. Melloni S. 305 dieses Bandes auseinander setzte. *P.*

An der einen Seite desselben brachte ich eine Metallplatte an, so breit, dafs sie das Prisma ganz verdeckte, mit Ausnahme einer Zone von zwei Linien Breite an der Kante des brechenden Winkels. Der wirksame Theil des Prismas war dadurch auf sehr kleine Dimensionen reducirt. Ich untersuchte nun die Wärmevertheilung in dem Spectrum, welches dieser Theil des Prismas im Sonnenlicht gab, und fand das Wärmemaximum im *Orange* zur Seite des *Roth*. Nun rückte ich die Metallplatte fort, so dafs vom Prisma nur an seiner Basis eine Zone von zwei Linien Breite entblöfst war. Jetzt fand sich das Temperatur-Maximum gänzlich verschoben, denn es lag im *Gelb* zur Seite des *Grün*.

Denselben Versuch wiederholte ich mit einem gewöhnlichen Glasprisma, und es gelang mir dabei, das Wärmemaximum in den dunkeln Raum oder in das Roth zu versetzen, je nachdem ich die Strahlen durch eine Zone an der Kante des brechenden Winkels oder in der Nähe der Basis des Prismas gehen liefs. Hatte ich die Fläche des Prismas ganz entblöfst, erhielt ich mittlere Werthe.

Aus allen diesen Versuchen folgt offenbar, dafs die Vertheilung der Temperaturen in dem Spectrum nicht blofs von der Substanz des Prismas, sondern auch von seiner mittleren Dicke abhängt.

Um mir diese Thatsachen zu erklären, nehme ich an, dafs die Wärmestrahlen im Innern durchsichtiger Substanzen, eine wahre von dem Grade ihrer Brechbarkeit abhängige Absorption erleiden. Es ist dann klar, dafs ihre natürlichen Intensitätsverhältnisse je nach der Dicke (*Quantité*) der durchdrungenen Substanz mehr oder weniger geändert seyn werden, und dafs damit nothwendig auch das Wärmemaximum seinen Ort verändern mufs.

In meinen Untersuchungen über den Durchgang der strahlenden Wärme irdischer Abkunft habe ich gezeigt, dafs unter den verschiedenen diathermanen Körpern, welche

Digitized by Google

che ich prüfte, alleinig das Steinsalz alle Arten Wärmestrahlen in gleichem Grade durchläfst. Ein analoges Phänomen zeigt sich bei der Sonnenwärme, denn welchen Theil von der Oberfläche eines Steinsalzprismas man auch bedecken mag, immer findet man in dem Spectrum, welches die entblöfst gelassene Zone giebt, das Wärmespectrum im dunkeln Raum, und zwar in einem festen Abstande von der Gränze des Roth.

Daraus schliefse ich zunächst, dafs die relative Intensität der verschiedenen Wärmestrahlen, aus denen ein Bündel Sonnenwärme besteht, durch ein Steinsalzprisma nicht gestört wird, dafs vielmehr ein solches Prisma die Wärmestrahlen in ihrem normalen Zustand zerstreut. Zu dem Ende nahm ich zwei Schichten Wasser und zwei Glasplatten, welche die mittlere Dicke der vier, bei den vorherigen Versuchen angewandten prismatischen Querschnitte besafsen, und liefs sie einzeln von den Wärmestrahlen des Normalspectrums durchdringen. Das Maximum der Temperatur verliefs seinen ursprünglichen Ort, und ging, bei den beiden Wasserschichten, successiv auf das Orange und auf das Gelb, — und bei den beiden Glasplatten auf das Roth oder dicht an die äufserste Gränze.

Diese Versuche lassen, wie mir scheint, keinen Zweifel an der Wahrheit des Satzes, dafs die ungleich brechbaren Wärmestrahlen der Sonne im Innern durchsichtiger Substanzen, wie Wasser und farbloses Glas, ungleiche Absorptionen erleiden. (*L'Institut, No.* 84 *p.* 410.)

2) Beschreibung eines Apparats zur Anstellung aller Versuche über die strahlende Wärme, nebst einigen neuen Thatsachen über die Wärmequellen und deren Strahlen.

(Auszug aus einer in der Pariser Academie am 12. Jan. 1835 vorgelesenen Abhandlung des Hrn. Melloni)[1]).

Der thermoskopische Körper dieses, für die polytechnische Schule zu Paris angefertigten Apparats ist eine thermo-elektrische Säule (Fig. 15 Taf. III), bestehend aus 50 Antimon- und Wismuthstäbchen, die zu einem Bündel vereinigt sind, welches, bei einer Länge von 27 bis 28 Millimeter, nicht mehr als zwei Quadratcentimeter im Durchschnitt hält. Es befindet sich in einer drei bis vier Mal längeren Röhre *P* mit Scharnieren, befestigt auf ein Stativ, das in der, mitten auf dem Tischblatt *MM'* angebrachten Nuthe *RR'* verschoben werden kann. Das erste und letzte Stäbchen sind verbunden mit den Metalldrähten, welche zu dem sehr empfindlichen Galvanometer *G* führen; nach der Ablenkung der Magnetnadel im Galvanometer beurtheilt man die Stärke des durch die Säule erregten elektrischen Stroms, und darnach wiederum die Intensität der Wärmestrahlung, welche auf die eine Seite der Säule einfällt[2]).

1) Von diesem, im *L'Institut*, *No.* 89 *p.* 22. enthaltenen Auszug theilen wir nur dasjenige in vollständiger Uebersetzung mit, was in den beiden früheren Abhandlungen des Hrn. Melloni nicht enthalten ist. *P.*

2) Vergleiche S. 118 bis 134 dieses Bandes. In welchem Verhältnifs die Stärke des elektrischen Stroms zur Stärke der Wärmestrahlung stehe, ist übrigens von Hrn. Melloni nicht ausgemittelt worden, vielmehr scheint derselbe immer stillschweigends anzunehmen, dafs beide Intensitäten einander direct und geradezu proportional sind. Die Lösung dieses Problems ist indefs auch weit schwieriger als man vielleicht im ersten Augenblick glaubt. Denn erstlich ist die Intensität des elektrischen Stroms eine Function der Temperaturdifferenz beider Enden der Säule, und

Am Ende der Nuthe befindet sich ein Stativ *S'*, auf welches nach Erfordernifs eine der von Hrn. M. angewandten vier Wärmequellen hingesetzt wird (S. 386). Diese sind: eine Locatellische Lampe, eine Weingeistlampe, die, nachdem sie ausgeblasen ist, einen spiralförmigen Platindraht im Glühen erhält, ein Kupferblech, durch dieselbe Lampe in der Temperatur 400° erhalten, und ein Gefäfs mit siedendem Wasser.

[Die Locatellische Lampe, eine Oellampe mit quadratischem Docht und einem Reflector, aber ohne Glasschornstein, sieht man Fig. 12 Taf. III abgebildet, die Weingeistlampe mit dem Aufsatz von Platindraht oder Kupferblech in Fig. 14, und diese Aufsätze ohne die Lampe in Fig. 13. Diese Abbildungen sind aus dem kürzlich erschienenen dritten Theil von Becquerel's *Traite de l'Electricité* entlehnt. *P.*].

Zwischen der Säule und der Wärmequelle sieht man eine Metallplatte *E'* mit einer Oeffnung *O* in ihrem unteren Theil. Hinter dieser Oeffnung *O* legt man auf einen zweiten Träger *S* die zu den Versuchen über den Wärmedurchgang bestimmten Körper. Zur Abhaltung der

andererseits ist die Temperaturerhöhung, welche die Wärmestrahlen bewirken, offenbar wiederum eine Function von der Intensität der Wärmestrahlung und von der Beschaffenheit des Körpers, welcher diese Strahlung aufnimmt. Beide Functionen sind aber noch unbekannt. Darf man annehmen, dafs die Intensität der Wärmestrahlung (die offenbar wiederum ein Product der Temperatur der Wärmequelle der Menge und Diathermansie der Wärmestrahlen ist) der durch sie bewirkten Temperaturerhöhung direct proportional sey, so scheint es leicht, diese Intensität dadurch zu ermitteln, dafs man die Säule in verschiedene gemessene Entfernungen von der Wärmequelle bringt, und die dabei stattfindenden Ablenkungen des Galvanometers beobachtet, oder besser noch, indem man diese Beobachtung macht, während die Säule in gerader Linie zwischen zwei Wärmequellen aufgestellt, und bei verschiedenem Stande zwischen ihnen, von beiden Seiten bestrahlt wird. Immer wird diefs Verfahren jedoch nur eine Annäherung geben können. *P.*

Wärmestrahlung dient der doppelte Schirm E'', der in einer auf der Nuthe senkrechten Verticalebene zurückgeschlagen werden kann.

Ein ganz ähnlicher Schirm E befindet sich hinter der Säule, um das andere Ende derselben vor allen äufsern Strahlungen zu schützen, wenn die Röhre offen ist. Letzteres ist aber fast bei allen Versuchen nöthig, damit die Luft mit beiden Enden der Säule in Berührung stehe, und ihre etwaigen Temperaturveränderungen keine Wirkung auf das Instrument hervorbringen.

Setzt man nun den Apparat in Thätigkeit, so geschieht Folgendes. Nachdem man den zu untersuchenden Körper auf den Träger S gelegt und den Schirm E'' zurückgeschlagen hat, gehen die Wärmestrahlen durch die Oeffnung O in der Platte E' zu der Vorderseite der Säule. Betrachtet man nun den Zeiger des Galvanometers, so sieht man ihn sogleich aus seiner Gleichgewichtslage abweichen, innerhalb 7 bis 8 Secunden einen gewissen Bogen beschreiben, darauf einige Grade zurückweichen, wiederum auf seine ursprüngliche Lage gelangen, und nach einigen immer langsameren Oscillationen endlich auf einer Abweichung stehen bleiben, die etwas geringer ist als die, welche er im ersten Augenblick erreichte. Zur Erlangung dieser stabilen Abweichung gebraucht der Zeiger die Zeit von 90″ (S. 122).

Vergleichung der Wärmequellen.

Bringt man die Wärmequellen nach einander auf das Gestell S' (während E'' zurückgeschlagen und auf S kein Körper gelegt ist), so kann man die Intensität ihrer Wärmestrahlung vergleichen. Man findet unter andern dadurch, dafs wenn die Weingeistlampe für sich eine Ablenkung von 4° erzeugt, sie mit Hinzufügung des Platindrahts eine Ablenkung von 10° bis 16° liefert. Nimmt man die Weingeistlampe vom Stativ S' und stellt sie dicht daneben auf den Tisch, so bleibt das Galvanometer auf Null

stehen, ungeachtet vor der Säule fortwährend ein Strom sehr heifser Luft aufsteigt. *Die auf's Stärkste erhitzte Luft giebt also keine oder eine äufserst schwache Strahlung.*

Unmittelbarer Durchgang.

Die Hauptthatsachen sind hier folgende:

1) *Die Wirkung auf die Säule, wenn sich in S ein durchsichtiger Körper befindet, rührt nicht von dessen Erwärmung her.*

Beweis. Man nähere die Locatellische Lampe, bis man eine Ablenkung von 30° bekommt. Dann stelle man bei *S* eine Glasplatte hin. Jetzt wird die Ablenkung geringer seyn, z. B. 16°. Nun ersetze man die klare Glasplatte durch eine mit Tusch geschwärzte. Jetzt wird die Ablenkung Null seyn, ungeachtet die Erwärmung der schwarzen Glasplatte mindestens eben so grofs ist als die der klaren (S. 124 und 387).

2) *Die Zeit des Wärmedurchgangs ist unmefsbar.*

Beweis. Man lege, während der Schirm *E''* aufgerichtet ist, einen 5'' bis 6'' dicken Bergkrystall mit wohl polirten Endflächen auf das Stativ *S*, und schlage nun den Schirm *E''* zurück. Innerhalb 7'' bis 8'' wird nun das Galvanometer den ersten Impulsionsbogen durchwandern und in 90'' seine stabile Ablenkung erreichen, gerade wie wenn der Krystall nicht da wäre.

3) *Gleich dicke und gleich durchsichtige Platten lassen nicht gleiche Mengen strahlender Wärme durch.*

Beweis. Man stelle auf den Träger *S* successiv eine Steinsalz-, eine Bergkrystall- und eine Glasplatte, jede drei oder vier Millimeter dick. Bewirkt die freie Strahlung eine Ablenkung von 30°, so bekommt man mit dem Steinsalz 28°, mit dem Bergkrystall 15° bis 16° und mit dem Glase 3° bis 4°.

4) *Von zwei ungleich durchsichtigen Platten kann*

die weniger durchsichtige die gröfsere Menge Wärmestrahlen durchlassen.

Beweis. Wenn die Ablenkung bei der freien Strahlung z. B. 30° ist, bringt eine klare Alaunplatte sie auf 3° bis 4° herab, eine weit dickere Platte von sehr dunkeln Rauchtopas aber nur auf 14° bis 15°.

5) *Gewisse Combinationen zweier Mittel lassen eine bedeutende Menge Lichtstrahlen durch und fangen fast alle Wärmestrahlen auf, während andere Combinationen im umgekehrten Sinne wirken.*

Beweis. Man stelle vor der Säule auf: einmal eine Platte von einem gewissen klaren Glase nebst einer Alaunplatte, und ein ander Mal eine Platte von schwarzem Glase nebst einer von Steinsalz. In dem ersten Fall bekommt man keine Ablenkung, in dem letzten eine von 7° bis 8°.

Die drei letzten Versuche beweisen aufs Einleuchtendste, dafs die Transparenz der Körper für die strahlende Wärme verschieden ist von der Durchsichtigkeit. Daher Hrn. Melloni's Eintheilung der Körper in *diathermane* und *athermane*, je nachdem sie strahlende Wärme durchlassen oder auffangen (S. 295).

6) *Gewisse Substanzen sind diatherman, obwohl ganz opak.*

Beweis. Das schwarze Glas giebt eine Ablenkung von 7° bis 8° (1).

7) *In Folge des Durchgangs durch eine klare Platte erleidet die strahlende Wärme eine von der Natur dieser Platte abhängige Veränderung, vermöge welcher sie andere Substanzen in gröfserer oder geringerer Menge durchdringt.*

Beweis. Die Platte von der eigenthümlichen Sorte klaren farblosen Glases, von der unter 5) die Rede war, ist nur gepaart mit einer Alaunplatte atherman; für sich

1) Einen andern Beweis liefern die rechtwinklig gekreuzten Turmalinplatten (Siehe S. 533), und der schwarze Glimmer (S. 404). *P.*

bewirkt sie eine Ablenkung von 7° bis 8°, wie das undurchsichtig schwarze Glas.

Ferner: Man stelle in *S* eine klare Glasplatte auf, und nähere die Lampe bis man eine Ablenkung von 30° erhalten hat. Jetzt stelle man vor oder hinter der Glasplatte eine Alaunplatte auf, und sogleich wird der Galvanometerzeiger auf 0° zurückgehen.

Darauf nehme man beide Platten fort, stelle eine Platte von Citronensäure auf, und nähere die Lampe bis man wieder eine Ablenkung von 30° erhalten hat. Schaltet man nun eine Alaunplatte ein, so geht der Galvanometerzeiger nur zwei bis drei Grad zurück. Die zur Citronensäure hinaustretenden Strahlen pflanzen sich also durch den Alaun in gröfserer Menge fort als die directen Strahlen der Lampe.

Ueber Hrn. Melloni's Erklärung dieser Erscheinungen, und Bedeutung des Wortes *Diathermansie* siehe S. 536.

8) *Die strahlende Wärme besitzt eine eigenthümliche Diathermansie, je nach der Quelle, aus welcher sie entsprungen ist.*

Beweis. Als Wärmequelle wende man einmal den glühenden Platindraht und ein ander Mal das bis 400° erhitzte Kupfer an, und nähere beide der Säule so weit, bis man eine Ablenkung von 30° erhält. Dann nehme man eine Alaun-, eine Steinsalz- und eine Bergkrystallplatte, sämmtlich von gleicher Dicke, und stelle sie nach einander in diese beiden Strahlungen. Die Ablenkungen werden nun in diesen sechs Fällen seyn:

	Glühendes Platin.	Heifses Kupfer.
Alaun	0	0
Steinsalz	28	28
Bergkrystall	13° bis 14°	1° bis 2°

9) *Steinsalz ist ein wahrhaft diathermanes Mittel*

Digitized by Google

ohne Diathermansie, das alle Wärmestrahlen gleich gut durchläſst.

Aus No. 8 folgend; siehe auch S. 401.

10) *Die Richtung, in welcher Platten aus Krystallen geschnitten werden, hat auf die Menge der von ihnen durchgelassenen Wärmestrahlen keinen Einfluſs.*

Siehe S. 299.

11) *Die strahlende Wärme wird beim Durchgang durch Turmalinplatten nicht polarisirt.*

Siehe S. 533, aber auch S. 553.

Brechung (S. 410).

Wenn, nachdem die bis 400° erhitzte Kupferplatte mit ihrer Weingeistlampe auf das Stativ *S'* gesetzt und der Schirm *E'* fortgenommen ist, die Säule auf ihrem Stativ gedreht wird, so gelangt man bald zu einer Lage, bei der die von der Quelle ausgesandten dunkeln Wärmestrahlen nicht mehr in die Röhre eintreten und auf die Vorderseite der Säule gelangen können, und wenn man alsdann den Schirm *E''* zurückschlägt, findet keine Bewegung am Galvanometer mehr statt.

Jetzt bringe man das Stativ *S* nahe an die Säule und stelle dicht vor der Oeffnung der Röhre und in deren Axe ein Steinsalzprisma senkrecht auf, mit seinem Winkel von etwa 60° abgewandt von dem Winkel, den die von der Quelle nach dem Ende der Röhre gezogene Linie bildet. Sogleich sieht man den Galvanometerzeiger aus der Gleichgewichtslage weichen und einen mehr oder weniger groſsen Bogen beschreiben. Dreht man den brechenden Winkel nach entgegengesetzter Seite, so kehrt der Zeiger in seine ursprüngliche Stellung zurück. Aus diesen beiden Versuchen folgt offenbar, *daſs die dunkeln Wärmestrahlen brechbar sind.*

Man kann auch beweisen, *daſs die dunkeln Wärmestrahlen, nachdem sie unter einem gewissen Winkel auf der Hinterfläche des Prismas angelangt sind, in*

Digitized by Google

das Innere des Prismas zurückgeworfen werden und dann zur Vorderfläche hinaustreten, ganz wie das Licht. Zu dem Ende braucht man nur das Prisma langsam auf seiner Axe zu drehen bis die Strahlen fast senkrecht auf seine Vorderfläche fallen. Stellt man alsdann das Auge hinter der Säule in der Verlängerung der oberen Linie der Röhre, so erblickt man ein ziemlich lebhaftes Bild von der geschwärzten Kupferplatte, und zugleich bemerkt man eine beträchtliche Ablenkung am Galvanometer.

Unnöthig ist es wohl zu bemerken, daſs auch die Wärmestrahlen der Flamme und des glühenden Platins alle diese Richtungsveränderungen erleiden. Und eben so finden sie sich bei der Wärme, welche die Wände eines geschwärzten und mit heiſsem Wasser gefüllten Gefäſses aussenden.

Zurückwerfung.

Um die Versuche über die Reflexion der Wärmestrahlen anzustellen, muſs man die Orte des Schirms E' und des Gestells S gegen einander vertauschen, dann das Stativ S', nachdem man auf dasselbe die Lampe mit dem glühenden Platin gestellt hat, erhöhen, eben so auch den Träger der Säule, und nun die Axe dieser letzteren neigen, so daſs sie auf die Oeffnung O des Schirms E' gerichtet ist. Leicht ersichtlich ist, daſs die Säule bei dieser Einrichtung vor den directen Strahlen der Wärmestrahlen geschützt ist, und daſs zu ihrer Vorderseite nur diejenigen Strahlen gelangen können, welche die Mitte des Trägers S treffen und von einem dort befindlichen Körper reflectirt werden.

Zuvörderst muſs man zeigen, daſs die Temperatur, welche der reflectirende Körper unter Einwirkung der strahlenden Wärme erlangt hat, nicht auf die Resultate einwirken kann. Zu dem Ende richte man den Schirm E'' in die Höhe und lege auf S irgend eine wohl mit Ruſs überzogene Platte. Die Erhitzung derselben ist weit

Digitized by Google

stärker als die der reflectirenden Flächen, und dennoch, wenn man den Schirm E'' wieder zurückschlägt, macht die Galvanometernadel keine Bewegung.

Hat man sich überzeugt, dafs eine reflectirende Fläche, welche am meisten zur Absorption von Wärme geeignet ist, keine merkliche Wirkung auf die Säule ausübt, so geht man zu den Versuchen über, indem man statt der geschwärzten Platte polirte von verschiedenen Körpern nimmt, und die erzeugten Ablenkungen beobachtet.

Auf diese Weise findet man, dafs Wasser und Flüssigkeiten überhaupt, Fayence, Email- und Marmorsorten eine Ablenkung von nicht über 7° bis 8° geben, während Metalle, je nach ihrer Natur und nach dem Zustande ihrer Oberfläche den Galvanometerzeiger um 20° bis 45° ablenken. Wenn die Reflexion einer matt vergoldeten Kupferplatte 30° beträgt, so ist dagegen die von einer Platte Marmor oder schwarzen Glases von der höchsten Politur nur 4° bis 5°.

Strahlung gegen entfernte Gegenstände und den Himmelsraum.

Bisher hatte man nur ein dünnes Bündel mit der Axe paralleler Strahlen auf das Thermoskop fallen lassen, und alle übrigen mittelst der Röhre und des durchbohrten Schirms abgehalten. Allein nimmt man den Schirm fort und ersetzt die Röhre durch einen konischen Reflector von polirtem Kupfer und einem Winkel von 20° bis 25°, so sammelt man auf die Säule eine weit beträchtlichere Menge Wärmestrahlen, und ihre ohnehin schon grofse Empfindlichkeit wird wahrhaft erstaunlich.

Richtet man die Axe des Reflectors auf ein etwas grofses Gefäfs voll heifsen Wassers in der Entfernung von 20 bis 25 Fufs, so geht der Zeiger sogleich aus seiner Gleichgewichtslage und erreicht eine mehr oder weniger grofse Abweichung. Eine ähnliche Wirkung bringt

Digitized by Google

die Wärme einer in derselben Entfernung befindlichen Person hervor. Dreht man endlich den Reflector bloſs gegen eine der Wände des Saals, worin sich der Apparat befindet, so sieht man fast immer das Galvanometer eine Ablenkung angeben, bald nach Seite der Wärme, bald nach Seite der Kälte. In gewissen Zimmern kann man zuweilen den Zeiger einen Bogen von 70° bis 80° dieſs- und jenseits des Nullpunkts beschreiben machen, wenn man die Oeffnung des Apparats allmälig von Norden nach Süden dreht, so daſs also geringe Temperaturunterschiede, welche man selbst nicht entdecken würde, wenn man die Wände mit der Kugel eines sehr empfindlichen Thermometers berührte, hinreichend sind, die Nadel des Thermo-Multiplicators fast bis zu den beiden äuſsersten Gränzen des Kreisbogens zu treiben.

Bekannt ist Wollaston's Versuch, wornach man in einer freien Ebene, einige Fuſs über dem Boden, einen Hohlspiegel gegen den Himmel richtet, und darauf in dessen Brennpunkt die Kugel eines Thermometers anbringt. Wenn die Temperatur etwas hoch ist, der Himmel rein und die Luft ruhig, sieht man das Thermometer einige Grade fallen, durch den Verlust eines Theils seiner Wärme, welche gegen den Spiegel strahlt, und von diesem in die Himmelsräume reflectirt wird. Dieser Versuch, der späterhin von Leslie mittelst des Aethrioskops wiederholt ward [1]), erfordert nur ein wenig Ruhe der Luft, um mit dem Thermo-Multiplicator immer vollständig zu gelingen. Man braucht nur die Säule auf eine Fensterbank zu stellen und den Reflector gegen den Himmel zu richten, so geht der Zeiger sogleich auf Seite der Kälte, und es tritt eine desto gröſsere Abweichung ein, je freier die Luft von Dünsten ist. Und wenn bei heiterem Wetter leichte Wolken schnell durch die Himmelsgegend ziehen, auf welche die Axe des Reflectors gerichtet ist, so sieht man die Nadel sich dem Nullpunkt

1) Annalen, Bd. XXVII S. 455.

nähern, also eine Temperaturzunahme anzeigen, und sogleich, wie das Gewölk verschwunden ist, wieder ihre ursprüngliche Lage annehmen.

Ausstrahlungsvermögen.

Die Versuche von Leslie über das Emissions- oder Ausstrahlungsvermögen der Körper gelingen vollkommen mit dem eben beschriebenen Apparat. Nachdem man ein kubisches Gefäfs, dessen senkrechte Wände vier verschiedene Oberflächenzustände besitzen, mit heifsem Wasser gefüllt hat, stellt man dasselbe auf den Träger *S*, den man bis zum Ende der Nuthe fortschiebt. Dreht man nun den Träger um seine Axe, so dafs das Gefäfs successiv seine vier Seitenflächen dem Reflector zukehrt, so wird jedesmal eine andere Abweichung am Galvanometer erzeugt. Die Temperatur des Wassers sinkt zwar etwas während der vier Beobachtungen, allein man erhält sehr genaue Angaben, wenn man zwei Reihen von Beobachtungen in entgegengesetzter Ordnung anstellt. Man kann auch sehr scharfe Resultate erhalten, wenn man das Wasser mittelst einer kleinen Weingeistlampe im Sieden erhält, wobei man aber durch Schirme wohl dafür sorgen mufs, dafs die Strahlen der Flamme nicht die Säule treffen, die vielmehr blofs der Strahlung von Seiten der Wände des Gefäfses ausgesetzt seyn mufs. Auf diese Weise wurde das Emissionsvermögen nachstehender sechs Substanzen bestimmt:

Kienrufs	100	Tusch	85
Bleiweifs	100	Gummilack	72
Hausenblase	91	Metallfläche	12

Absorptionsvermögen.

Das Absorptionsvermögen der Oberflächen in der Luft wurde bisher bestimmt, indem man verschiedene Substanzen auf die Wände des den thermoskopischen Kör-

Digitized by Google

per einschliefsenden Gefäfses auftrug, was indefs oft unübersteigliche Schwierigkeiten darbot und immer grofsen Zeitverlust mit sich führte. Die aufserordentliche Empfindlichkeit des Thermo-Multiplicators erlaubt, denselben Zweck auf eine weit sichere und bequemere Weise zu erreichen. Man nimmt nämlich eine dünne Kupferscheibe, die etwas gröfser ist als die Oeffnung des Reflectors, und schwärzt sie auf der einen Seite, nachdem man die andere in einem gewissen Oberflächenzustand versetzt oder mit irgend einer Substanz überzogen hat. Diese Scheibe befestigt man dicht vor dem Reflector, mit der geschwärzten Fläche gegen die Säule gewandt, stellt die Locatellische Lampe auf ihr Stativ und schlägt den Schirm E'' zurück. In einigen Secunden werden die von der Vorderfläche der Scheibe absorbirten Wärmestrahlen das Metall durchdringen, an der geschwärzten Hinterfläche anlangen und von da zur Säule strahlen. Die Ablenkung des Galvanometers beginnt, sie steigt allmälig, ohne Oscillationen, und in 5′ bis 6′ erreicht sie ein stabiles Maximum. Um das Absorptionsvermögen verschiedener Substanzen in der Luft zu erhalten, braucht man sie nur auf ähnliche Kupferscheiben, wie die eben erwähnte, aufzustreichen, und die unter ihrem Einflufs erzeugten Ablenkungsmaxima zu beobachten.

Scheiben mit den Substanzen bestrichen, die oben bei den Versuchen über das Emissionsvermögen genannt wurden, gaben folgende Resultate:

Kienrufs	100	Tusch	96
Bleiweifs	53	Gummilack	43
Hausenblase	52	Metallfläche	14.

»Nach der Vorstellung, die ich mir von der Wirkung der Körper auf die Wärmestrahlungen gebildet habe, sagt Hr. Melloni, sind Absorptions- und Emissionsvermögen nichts weiter als eine und dieselbe Eigenschaft, oder, besser gesagt, als zwei gleiche und entgegengesetzte

Digitized by Google

Actionen, ganz analog der Verschluckung und Entwicklung von Wärme, die beim Uebergang aus dem flüssigen Zustand in den gasigen und rückwärts aus diesem in jenen stattfindet. Nun weiſs man, daſs die Wärmemenge, welche ein gegebenes Gewicht von einer Flüssigkeit, z. B. ein Gramm Wasser, absorbirt (wenn es nämlich in Dampfform übergeht. *P.*), gleich ist der Wärmemenge, welche bei der Verdichtung von einem Gramm Wasserdampf entwickelt wird. Wenn also der Vergleich richtig wäre, wie Alles mich glauben lieſse, so würde eine Fläche, die zwei oder drei Mal so viel Wärme ausstrahlt als eine andere, auch genau zwei oder drei Mal so viel Wärme absorbiren als diese [1]). Allein die Zahlen, welche wir eben fanden, stimmen nicht genau mit den der vorhergehenden Versuche. Wenn diese Unterschiede sich bloſs bei den Metallflächen fänden, würde ich sie nicht beachten, denn der Grad der Politur kann in jedem einzelnen Fall ein anderer seyn. Allein so verhält es sich nicht mit dem kohlensauren Blei, Gummilack, der Hausenblase, und den andern Substanzen, die in gleich dicken Schichten auf die Scheiben und auf den Würfel gestrichen worden waren, und also für die Absorption dieselben Verhältnisse hätten geben müssen wie für die Emission. Nun fehlen aber, wie man sieht, an der Gleichheit beider Vermögen, bei dem Tusch 0,11, beim Gummilack 0,29, bei der Hausenblase 0,39 und beim kohlensauren Bleioxyd 0,47. Woher entspringen diese auffallende Unterschiede?«

Nun haben wir gesehen, daſs man bei jeder Wärmestrahlung zwei Dinge unterscheiden muſs, die Kraft oder Intensität der Strahlen und ihre Diathermansie. Bei Wiederholung der Absorptionsversuche in verschiedenen Abständen von der Wärmequelle lieferten sie mir beständig die obigen Verhältnisse, und dieſs beweist, daſs das Phänomen nicht von der Intensität abhing; es entsprang daher aus der Diathermansie. In der That, als die Scheiben nach einander der Strahlung des glühenden

1) Vergl. Annal. Bd. XXVIII S. 378. *P.*

Platins, des bis 400° erhitzten Kupfers und des mit siedendem Wasser gefüllten Kupfergefäfses ausgesetzt wurden, gaben sie:

	Glühendes Platin.	Kupfer von 400° C.	Kupfer von 400° C.
Kienrufs	100	100	100
Bleiweifs	56	89	100
Hausenblase	54	64	91
Tusch	95	87	85
Gummilack	47	70	72
Blanke Metallfläche	13,5	13	13

Sieht man für einen Augenblick vom letzten Falle ab, so beweist der Vergleich dieser numerischen Resultate mit denen der vorherigen Versuche:

1) *Dafs das Absorptionsvermögen der Oberflächen bedeutend verschieden ist nach dem Ursprung der Wärmestrahlen.*

2) *Dafs es dem Emissionsvermögen, welches dieselben Oberflächen bei der Siedhitze des Wassers besitzen, immer näher kommt, so wie man Wärmequellen von weniger hoher Temperatur anwendet, und dafs es endlich mit diesem Emissionsvermögen genau zusammenfällt, wenn die Temperatur der strahlenden Quelle* 100° *ist.*

Diese Schwankungen geschehen indefs nicht alle in demselben Sinn, denn bei dem Bleiweifs, der Hausenblase und dem Gummilack nimmt das Absorptionsvermögen zu, in dem Maafse als die Temperatur der Wärmequelle abnimmt, und bei der Tusche scheint es dagegen mit dieser Temperatur abzunehmen. Was die blanke Metallfläche betrifft, so scheint ihr Absorptionsvermögen für die verschiedenen Wärmestrahlungen gleich zu bleiben, so dafs also Metallspiegel von der Wärme jeglicher Abkunft einen constanten Antheil reflectiren würden.

Diese wichtige Eigenschaft hat Hr. Melloni noch

Digitized by Google

auf folgende Weise bestätigt gefunden. In die Bahn der Strahlen, die successiv von verschiedenen wohl polirten und auf die in dem Artikel Reflexion angegebene Weise auf das Stativ hingelegten Metallplatten reflectirt worden waren, stellte er dünne Platten von Glimmer, Glas, Gyps und andern Körpern, deren diathermisches Vermögen für die directen Strahlen der Wärmequelle er kannte. Die Verhältnisse zwischen diesem Vermögen der genannten Körper variirten nicht merklich (d. h. waren bei den reflectirten Strahlen nicht merklich verschieden von denen bei den directen Strahlen. *P.*). Mit gleichem Erfolg wurde dieser Versuch mit der strahlenden Wärme des glühenden Platins, des bis 400° und 100° erhitzten Kupfers wiederholt. Was die Strahlen der Oelflamme betrifft, so braucht man nur den Reflector der Locatellischen Lampe abzunehmen, nachdem man sie der Säule genähert hat, und die Durchgänge durch eine Reihe von Körpern zu beobachten. Man wird sie vollkommen denen gleich finden, welche man mittelst der mit ihrem Reflector versehenen Lampe erhält. *Metallspiegel verändern also in dem Acte der Reflexion nicht die Quantitätsverhältnisse zwischen den verschiedenen Arten von Wärmestrahlen, die von den mit Diathermansie begabten Mitteln durchgelassen werden, d. h. sie reflectiren gleichmäſsig alle Arten von Wärmestrahlen.*

Einfluſs der Transmission auf das Absorptionsvermögen.

Wenn man, nachdem man das directe Absorptionsvermögen verschiedener Substanzen gemessen hat, in einer gewissen Entfernung eine Glasplatte einschaltet, so daſs die Wärmestrahlen dieselbe durchdringen müssen, ehe sie zur Scheibe gelangen, und man nun die galvanometrischen Ablenkungen beobachtet, welche durch die Erwärmung verschiedener Oberflächen erzeugt werden, so erfährt man die Absorptionen, welche die nämlichen Oberflä-

Digitized by Google

flächen auf die von der Glasplatte unmittelbar durchgelassenen Strahlen ausüben.

Auf diese Weise hat Hr. Melloni folgende Resultate erhalten:

	Vor der Dazwischensetzung des Glases.	Nach der Dazwischensetzung des Glases.
Kienrufs	100	100
Bleiweifs	53	24
Hausenblase	52	45
Tusch	96	100
Gummilack	43	30
Metallfläche	14	17

Die Absorptionskräfte werden also durch die Transmission abgeändert.

Die erste Thatsache dieser Art ist von Hrn. Powell beobachtet, mittelst zweier gleich empfindlicher Thermometer, von denen das eine auf der Kugel mit Tusch und das andere mit angerührter Kreide bestrichen worden war.

Späterhin hat Hr. Melloni gefunden (Siehe S. 544), und zwar durch eine Reihe von Versuchen mit einer thermo-elektrischen Säule, die auf einer Seite mit Bleiweifs und auf der andern Seite mit Kienrufs überzogen war, dafs das Absorptionsverhältnifs dieser beiden Oberflächen zwischen weit aus einander liegenden Gränzen mit der Natur des dazwischengestellten Schirms variirte. Diefs Verhältnifs, welches für die directe Wärme einer Lampe 0,80 war, wurde mit farblosem Glase =0,54, mit Alaun =0,43 und mit schwarzem Glase =0,84; mit dem Steinsalz behielt es aber seinen natürlichen Werth 0,80.

Da jede diathermane Substanz nur gewissen Arten von Wärmestrahlen den Durchgang gestattet, so ist es nicht auffallend, dafs die durch verschiedene Schirme gegangene Wärme mehr oder weniger leicht von einer ge-

Digitized by Google

gebenen Oberfläche absorbirt wird. Auch sieht man das Steinsalz, welches alle Arten Wärmestrahlen durchläfst, keinen Einflufs auf die Absorptionsfähigkeit der durchgelassenen Wärme ausüben.

Alle Thatsachen, welche bisher auseinandergesetzt wurden, beziehen sich direct auf die strahlende Wärme; allein der Verfasser macht am Schlusse seiner Abhandlung die Bemerkung, dafs sein Apparat, obwohl eigentlich zum Erweise dieser Thatsachen bestimmt, doch mit Vortheil zum Studium mehrer Erscheinungen angewandt werden kann, die den Gebrauch gewöhnlicher Thermometer erfordern. Als Beispiel davon führt er die Erkaltung an, welche Flüssigkeiten beim Verdunsten hervorbringen. Wirklich braucht man nur in einer gewissen Entfernung vom Reflector eine Leinwand auszuspannen und mit einigen Tropfen Wasser zu benässen, um sogleich den Zeiger des Galvanometers auf Kälte zurückgehen zu sehen.

III. *Chemische Wirkung des Sonnenspectrums.*

Prof. Hefsler in Grätz hat gefunden, dafs die Wirkung des Sonnenspectrums auf ein mit Gummiwasser bestrichenes und mit Chlorsilber übersiebtes Papier verschieden ist nach der Substanz des angewandten Prisma, sowohl in Bezug auf die Ausdehnung der Schwärzung, als auf die Lage ihres Maximums und die Zeit, in welcher dasselbe zu Stande kommt. Die Zeit war beim Wasser und Weingeist fast Null, beim Terpenthin- und Cassiaöl 12 bis 13 Minuten, beim Flintglase 2',3, beim Kronglase 1',5. Das Maximum lag beim Spectrum des Weingeistes im Violett nahe am Blau, bei dem des Wassers mitten im Violett, bei dem des Cassiaöls 23 Linien aufserhalb des violetten Randes. (Baumgartner's Zeitschrift, Bd. III S. 336. — Welchen Einflufs hat hier die Dicke des Prisma? *P.*)

IV. *Versuche über Circularpolarisation des Lichtes; von H. W. Dove.*

1) Darstellung derselben durch geprefste Gläser.

Wenn zwei senkrecht auf einander polarisirte Wellensysteme gleicher Intensität, welche in derselben Richtung sich fortpflanzen, in ihrem Gange um eine ungerade Anzahl von Viertel-Undulationen sich unterscheiden, so werden die Theilchen in dem daraus resultirenden Wellensysteme um ihre Gleichgewichtslage kleine Kreise, und zwar mit gleichförmiger Geschwindigkeit beschreiben, d. h. das Licht wird circular polarisirt seyn. Jedes Mittel diesen beiden Bedingungen zugleich zu genügen, nämlich der der *gleichen* Intensität der auf einander senkrecht polarisirten Wellensysteme, und der des bestimmten Gangunterschiedes von einer *ungeraden* Anzahl von Viertel-Undulationen, wird daher eine Methode abgeben, das Licht circular zu polarisiren.

Fresnel und Airy haben auf verschiedenen Wegen diefs geleistet. Die dritte Art, welche ich hier auseinandersetzen werde, ist in der Ausführung wenigstens eben so bequem als die bisherigen, giebt aufserdem näheren Aufschlufs über die Erscheinungen geprefster und gekühlter Gläser im polarisirten Lichte.

Der Bedingung der gleichen Intensität der senkrecht auf einander polarisirten Systeme entspricht Fresnel dadurch, dafs er das einfallende Licht in einer Ebene polarisirt, welche mit der Ebene der totalen Reflexion in einem Glasparallelopiped einen Winkel von 45° oder 135° macht. Die in der und senkrecht auf die Reflexionsebene polarisirten Lichtmengen werden nämlich dann nach der Fresnel'schen Intensitätsformel einander

gleich. Den Phasenunterschied von einer Viertel-Undulation erhält er aber durch *zweimalige* totale Reflexion, weil nach einmaliger unter den gegebenen Umständen die Vibrationsperioden der reflectirten Wellen nicht mehr coincidiren, sondern einen Phasenunterschied von $\frac{1}{8}$ Undulation zeigen.

Airy's Verfahren beruht auf einem anderen Princip. Betrachtet man ein parallel der Axe geschnittenes Blättchen eines einaxigen Krystalls, dessen Axe mit der Polarisationsebene des einfallenden Lichtes einen Winkel a macht, durch ein Kalkspathrhomboëder, dessen Hauptschnitt unter dem Winkel b gegen die Ebene der primitiven Polarisation geneigt ist, so ist, wenn I_o, I_e die Intensitäten der beiden senkrecht auf einander polarisirten Bilder bezeichnen, allgemein:

$$I_o = cos^2 b - sin 2a \, sin 2(a-b) cos^2 \pi \left(\frac{o-e}{\lambda}\right)$$

$$I_e = sin^2 b + sin 2a \, sin 2(a-b) \, sin^2 \pi \left(\frac{o-e}{\lambda}\right),$$

wo λ die Undulationslänge für eine bestimmte Farbe, $o-e$ der Gangunterschied der beiden Strahlen und 1 die Intensität des auf das Krystallblättchen senkrecht auffallenden polarisirten Lichtes bezeichnet. Läfst man nun die Axe des Blättchens einen Winkel von 45° mit der Ebene der primitiven Polarisation machen, d. h. setzt man $a = 45°$, so wird:

$$I_o = cos^2 b - cos 2b \, cos^2 \pi \left(\frac{o-e}{\lambda}\right)$$

$$I_e = sin^2 b + cos 2b \, sin^2 \pi \left(\frac{o-e}{\lambda}\right).$$

Kann man nun durch irgend ein Mittel den Gangunterschied der beiden Strahlen einer ungeraden Anzahl von Viertel-Undulationen gleich machen, so wird der zweiten Bedingung entsprochen, zugleich aber auch der ersten, nämlich der der gleichen Intensität. Setzt man nämlich:

$$o-e=\left[\left(\frac{2n-1}{4}\right)\lambda\right],$$

so wird:

$$I_o=\cos^2 b-\tfrac{1}{2}\cos 2b=\tfrac{1}{2}$$
$$I_e=\sin^2 b+\tfrac{1}{2}\cos 2b=\tfrac{1}{2}.$$

Der Gangunterschied $o-e$ hängt von zwei Gröfsen ab, von der *Dicke des Blättchens*, welcher er direct proportional ist, und von dem *Unterschied der Geschwindigkeiten* der beiden das Blättchen durchlaufenden Strahlen, d. h. von den Constanten der Doppelbrechung.

Das Verfahren von Airy besteht nun darin, dafs er bei gleichbleibender Doppelbrechung die Dicke des Blättchens durch Spalten so lange ändert, bis der Gangunterschied beider Strahlen gleich ist einem ungeraden Vielfachen von Viertel-Undulationen. Da der zweiaxige Glimmer unter senkrechter Incidenz des Lichtes sich wie ein einaxiger Krystall verhält, und er das Spalten in gröfsere Blättchen am besten gestattet, so wird er dazu vorzugsweise anwendbar seyn. Ich ändere hingegen bei gleichbleibender Dicke die Doppelbrechung der Substanz, bis der verlangte Gangunterschied erhalten wird.

In einem Krystallblättchen durch Druck oder Temperaturänderung die Strahlenbrechung so abzuändern, dafs es bei einer gegebenen Dicke die verlangte Wirkung äufsere, möchte in der Anwendung keine bequeme Vorrichtung abgeben. Sehr leicht ist es aber einen unkrystallisirten Körper durch Druck oder Abkühlung in einen doppelbrechenden zu verwandeln, welcher gerade die verlangte Wirkung äufsert.

In dem von Fresnel angegebenen, aus vier Prismen bestehenden Apparate, durch welchen die Doppelbrechung des Glases direct nachgewiesen wird, ist von den beiden entstehenden Bildern das eine parallel der Compressionsaxe, das andere senkrecht auf dieselbe polarisirt, woraus hervorgeht, dafs die Axe der doppelten Strahlenbrechung mit der Compressionsaxe zusammenfällt.

Digitized by Google

Wenn man eine quadratische oder kreisrunde Glasscheibe daher so zusammendrückt, dafs die Compressionsaxe mit der Ebene der primitiven Polarisation einen Winkel von 45° oder 135° macht, so wird das durch die Mitte der Scheibe hindurchgehende Licht bei einem gewissen Grade der Zusammendrückung circular polarisirt seyn. Denken wir uns nun eine Kreistheilung lothrecht auf den einfallenden Strahl so gelegt, dafs die Polarisationsebene durch die Punkte 90° und 270° hindurchgeht, so zeigt, wenn die Compressionsaxe durch 45° und 225° geht, eine senkrecht auf die Axe geschnittene Kalkspathplatte in dem durch die Mitte des geprefsten Glases gehenden Lichte statt des schwarzen Kreuzes die Ringe im zweiten und vierten Quadranten (rechts oben und links unten) um ein Viertelintervall vom Mittelpunkt fortgeschoben, im ersten und dritten Quadranten hingegen (links oben und rechts unten) den Mittelpunkt um dieselbe Gröfse näher gerückt. Gerade das Umgekehrte findet statt, wenn die Compressionsaxe durch die Theilungspunkte 135° und 315° geht.

Man sieht hieraus, dafs die Winkel, welche in dem Fresnel'schen Parallellopiped die Ebene der zweimaligen totalen innern Reflexion mit der Ebene der primitiven Polarisation macht, gleich seyn müssen den Winkeln, unter welchen die auf die Compressionsaxe lothrechte Ebene gegen die der primitiven Polarisation geneigt ist, wenn durch beide Vorrichtungen dieselben Erscheinungen hervorgebracht werden sollen.

Es bedarf nun weiter keiner besonderen Ableitung, dafs bei einer ganzen Umdrehung der Platte in ihrer Ebene um den lothrecht einfallenden Strahl als Drehungsaxe das Licht viermal geradlinig und viermal circular polarisirt seyn wird, und zwar geradlinig, wenn der Angriffspunkt der zusammenpressenden Schraube in den Punkten 0°, 90°, 180°, 270° liegt, d. h. wenn die Compressionsaxe senkrecht auf der Ebene der primitiven Po-

larisation steht oder in ihr liegt, hingegen circular, wenn jener Angriffspunkt den Theilungspunkten 45°, 135°, 225°, 315° entspricht, wobei 45° und 225°, so wie 135° und 315° gleiche Wirkung zeigen.

Combinirt man zwei geprefste Platten und zwei Turmalinplatten so, dafs die auf einander senkrechten Compressionsaxen der zwischen den gekreuzten Turmalinplatten befindlichen Glasplatten mit deren Axen Winkel von 45° bilden, so zeigt eine zwischen die Glasplatten gelegte Kalkspathplatte die Ringe ohne Kreuz mit dem schwarzen Fleck in der Mitte, hingegen die complementaren, wenn man die Axen der Turmaline oder die Compressionsaxen der Glasplatten einander parallel macht. Macht man eine Compressionsaxe einer Turmalinplatte parallel, so erhält man die Verschiebung der Ringe in den vier Quadranten um ein Viertelintervall, die Erscheinung ist hierbei aber nicht reciprok, da hier eine ähnliche Umkehrung stattfindet als die, welche eintritt, wenn man einen kreisförmig geschlossenen elektrischen Strom von der entgegengesetzten Seite ansieht; der erste und dritte Quadrant wird dann nämlich der zweite und vierte, und umgekehrt. Macht man die Turmalinaxen und Compressionsaxen sämmtlich einander parallel, so erhält man die Erscheinungen im linear polarisirten Lichte.

Stellt man eine bis zu einem gewissen Grade zusammengeprefste runde oder quadratische Glasscheibe so zwischen die gekreuzten Spiegel, dafs die Compressionsaxe mit einer der Reflexionsebenen der Spiegel zusammenfällt, so erblickt man auf ihr ein schwarzes Kreuz mit weifsen Räumen in den Ecken. Untersucht man vermittelst der Kalkspathplatte diese vier weifsen Räume, so findet man, dafs die derselben Diagonale angehörigen sich gleich verhalten, aber entgegengesetzt den beiden weifsen Räumen der andern, und zwar ist das aus ihnen austretende Licht in der einen Diagonale rechts, in der andern links circular polarisirt. Daraus folgt unmittelbar, dafs wenn man

die Platte in ihrer Ebene um 90° dreht, alle weiſsen Räume in den Diagonalen ihre Wirkung gerade vertauscht haben.

Die von mir bei diesen Versuchen angewendeten Platten hatten einen Durchmesser von 11½ Linie und eine Dicke von 3¼ Linie.

2) Darstellung der Circularpolarisation durch gekühlte Gläser.

Einen Glaswürfel von 17 Linien Seite kühlte ich vorsichtig so ab, daſs er zwischen den gekreuzten Spiegeln in der Mitte ein dunkles Kreuz und in den vier Ecken nur das daran gränzende Weiſs gab, wenn die Diagonalen der dem Auge zugekehrten Fläche des Würfels Winkel von 45° mit der Polarisationsebene machen. Das Licht der vier weiſsen Räume verhielt sich gerade so wie das Licht der vier weiſsen Räume der gepreſsten Scheibe, wenn die Compressionsaxe derselben in der Polarisationsebene oder senkrecht auf sie lag. Durch excentrische Drehung des Würfels, um den durch einen der weiſsen Räume senkrecht austretenden Strahl als Drehungsaxe, entstehen daher ähnliche Verwandlungen, indem bei 90° Drehung die Diagonalen ihre Wirkung vertauschen. Statt den Würfel zu drehen kann man ihn, um dieselbe Veränderung zu erhalten, auch so verschieben, daſs zwei der parallelen Seiten der dem Auge zugekehrten Fläche senkrecht auf ihre Richtung sich fortbewegen, während die beiden andern in ihrer eignen Verlängerung fortrükken. Man kommt hierbei aus dem weiſsen Raume der einen Diagonale in den der andern. Die Combinationen zweier gekühlter Gläser, um circular polarisirtes Licht circular zu analysiren, ergeben sich von selbst. Soll das Ringsystem ohne Kreuz mit dem schwarzen Fleck in der Mitte erhalten werden, so combinirt man sie wie in Fig. 5 Taf. IV.

So viel mir bekannt ist, besitzen wir noch keine

directen Versuche über die Doppelbrechung des gekühlten Glases, und da sie in der Theorie der sogenannten beweglichen Polarisation nicht als eine nothwendige Folge seiner Farbenerscheinung im geradlinig polarisirten Licht angesehen wurde, so ist es wünschenswerth, die Beweise, dafs diese Farben durch den Gangunterschied der das Glas durchlaufenden Strahlen entstehen, durch neue Versuche zu verstärken. Die folgenden scheinen mir für die Erklärung dieser Farben aus dem Interferenzprincip daher nicht unwichtig.

Wenn ein im Azimuth 45° geradlinig polarisirter Strahl nach zweimaliger totaler Reflexion im Innern eines Fresnel'schen Parallellopiped zwischen den senkrecht auf einander polarisirten Lichtmengen gleicher Intensität einen Phasenunterschied von $\frac{1}{4}$ Undulation zeigt, so wird dieser Unterschied nach viermaliger Reflexion $\frac{1}{2}$ Undulation werden, der Strahl also wieder geradlinig, aber senkrecht auf die Ebene der primitiven Polarisation polarisirt seyn. Nach sechsmaliger Reflexion ist er wieder circular, aber links, wenn er es bei zweimaliger rechts war, weil das Azimuth des geradlinig polarisirt einfallenden Lichtes jetzt —45° statt +45°, endlich wird nach achtmaliger Reflexion die Ebene der wieder hergestellten Polarisation mit der der primitiven zusammenfallen. Die Erklärung der in den oben angeführten Versuchen beobachteten Erscheinungen der Circularpolarisation beruhte darauf, dafs durch Aenderung der Doppelbrechung vermittelst einer bestimmten Wärmeverschiedenheit im Innern des angewendeten Körpers, bei unveränderter Dicke desselben, der Gangunterschied der beiden Strahlen gerade $\frac{1}{4}$ Undulation gleich gemacht wird. Ist diese Erklärung richtig, so mufs man durch allmäliges Erwärmen genau dieselben Erscheinungen erhalten, als durch successive Reflexionen im Innern Fresnel'scher Rhomboëder, nur mit dem Unterschiede, dafs statt sprungweiser Verschiedenheit man hier einen continuirlichen Uebergang

Digitized by Google

durch alle Grade der elliptischen Polarisation zu erwarten hat. Die Versuche bestätigen diefs nun vollkommen. Sie müssen natürlich im einfachen Lichte angestellt werden.

3) Erscheinungen während des Erhitzens und Abkühlens der Gläser.

Der in der folgenden Abhandlung näher beschriebene Apparat, Taf. IV Fig. 1, wurde nach einer monochromatischen gelben Lampe gerichtet, so dafs die in *l* befindliche, auf die Axe senkrecht geschnittene Kalkspathplatte die schwarzen Ringe mit dem dunkeln Kreuz in voller Deutlichkeit zeigte, wenn der durch neues Erwärmen und Abkühlen zur vollkommenen Wirkungslosigkeit auf das polarisirte Licht gebrachte Glaswürfel vor dem polarisirenden Nicol'schen Prisma, also zwischen *k* und *o*, eingeschaltet wurde. Um ihn bequem über einer Lampe zu erhitzen, war das dreiseitige Prisma *bc*, der Träger aller polarisirenden Vorrichtungen, so in seine Hülse gesteckt, dafs diese nicht über, sondern neben der Stange sich befanden, man mufs sich die Lage derselben in der Zeichnung daher um 120° geändert denken. In dem Ring *m* war ein Faden ausgespannt, um die Bewegung der Ringe vom Mittelpunkt weg oder zu ihm hin leichter beobachten zu können.

Als die Lampe angezündet wurde, fing das schwarze Kreuz an, sich sogleich in der Mitte zu öffnen, die Kreisbogen im zweiten und vierten Quadranten entfernten sich vom Mittelpunkt, während die des ersten und dritten sich näherten. Nach einiger Zeit entsprachen die dunkeln Bogen der ungeraden Quadranten genau den hellen Räumen der geraden, das Licht war circular polarisirt, der Gangunterschied $\frac{1}{4}$ Undulation. Während dieses Vorgangs war, aufser den schwarz bleibenden Punkten aus der Mitte, das dunkle Kreuz immer heller geworden. Als es völlig verschwunden war, hatten die Bogen, an ihren Enden sich verkürzend, allmälig sich so fortbewegt,

Digitized by Google

dafs die zwei von dem Centrum ausgegangenen schwarzen Flecke mit den sich nähernden Theilen aus den beiden andern Quadranten den durch vier helle Zwischenräume getrennten inneren Ring bildeten. Alle übrigen Ringe verhielten sich eben so; die Kalkspathfigur hatte sich also gerade so umgestaltet, als wenn das polarisirende Prisma um 90° gedreht worden wäre, das Licht war also linear und senkrecht auf die Ebene der primitiven Polarisation polarisirt, der Gangunterschied der beiden Strahlen $\frac{1}{2}$ Undulation. Bei weiterer Erwärmung, als der Gangunterschied $\frac{3}{4}$ Undulationen geworden, war das Licht wieder circular polarisirt, nur mit dem Unterschiede, dafs nun die Ringe im ersten und dritten Quadranten die näheren waren, die im zweiten und vierten die entfernteren, wobei die Richtung der Bewegung der Bogen in den einzelnen Quadranten natürlich dieselbe blieb. Endlich als der Gangunterschied eine ganze Undulation betrug, hatte sich das weifse Kreuz wieder zu vollkommenem Schwarz verdunkelt; die vorher getrennten Bogen schlossen sich zu ganzen Kreisen, das Licht war nach derselben Richtung geradlinig polarisirt als zu Anfang des Versuches. Nun wurde die Lampe entfernt, und die entgegengesetzten Erscheinungen in regelmäfsiger Folge während des Erkaltens beobachtet [1]).

1) Ganz dieselbe Reihenfolge von Erscheinungen läfst sich natürlich auch durch allmälig gesteigerten Druck und Nachlassen desselben hervorbringen. Bei den von mir angewandten Scheiben konnte ich diesen in der Nähe des Angriffspunkts der Schraube aber nur bis zu einem Gangunterschied von $\frac{3}{4}$ Undulation treiben. Bei stärkeren Druck platzten die Scheiben. Eben so ist es einleuchtend, dafs wenn man eine gekühlte Glasscheibe, welche im weifsen Licht, vom Schwarz ausgehend, regelmäfsige Farbenfolgen zeigt, einschaltet, im einfachen Licht in der Kalkspathplatte dieselben Erscheinungen wahrgenommen werden, wenn man die Platte vor der Oeffnung des polarisirenden Prismas langsam vorbei bewegt. Die verschieden wirkenden Räume liegen, je dicker die Platte ist, einander desto näher.

Die Einwirkung des allmälig von Unten nach Oben sich erwärmenden Glases auf das einfallende Licht ist demnach folgende. Die zuerst geradlinig schwingenden Aethertheilchen fangen an in Ellipsen sich zu öffnen, deren Excentricität immer mehr abnimmt, bis sie Kreise werden. Die vorher gröfsere Axe wird nun die kleinere, und umgekehrt. Mit zunehmender Excentricität gehen die elliptischen Schwingungen in gerade über, welche senkrecht auf den anfänglichen stehn. Während dieses ganzen Vorganges änderte sich der Sinn der Schwingungen nicht, war er von links nach rechts, so bleibt er es. So wie aber die zweite geradlinige Schwingung in eine elliptische sich öffnet, hat der Sinn der Bewegung sich umgekehrt, die Schwingung geschieht nun von rechts nach links, wenn sie vorher von links nach rechts geschah. Die Vibrationen gehen dann durch kreisförmige wieder in die anfänglichen geraden über.

Das aus dem Würfel austretetende Licht wurde nun dadurch, dafs ein Glimmerblatt *f* von passender Dicke zwischen der Kalkspathplatte und dem analysirenden Prisma eingeschaltet wurde, circular analysirt. Die Axe dieses Glimmerblattes lag so, dafs die Bogenstücke im ersten und dritten Quadranten vom Mittelpunkt entfernt waren, wenn der Würfel noch unerhitzt war, die Wirkung desselben war also gerade entgegengesetzt der Wirkung des Würfels im ersten Stadium der Erwärmung. Wenn, von diesem Punkte ausgehend, die Ringe ohne Kreuz mit dem schwarzen Fleck in der Mitte sich gebildet hatten, so trennte sich dieser bei steigender Wärme in zwei Flecke, welche sich im zweiten und vierten Quadranten vom Mittelpunkt entfernten, und, nachdem sie durch die Figur im circularen Lichte hindurchgegangen waren, sich mit den herankommenden Bogen aus dem ersten und dritten Quadranten zu einem Kreis schlossen, also das Ringsystem mit heller Mitte gaben, welches man durch Drehung des polarisirenden Prisma um 90° gleich zu Anfang er-

Digitized by Google

halten haben würde. Die weiter dem Mittelpunkt zuschreitenden Bogen aus dem ersten und dritten Quadranten bildeten dann die entgegengesetzte circulare Figur, und vereinigten sich zuletzt in der Mitte zu einem schwarzen Fleck, während alle Bogen zu Kreisen sich schlossen. Man wird in diesem Vorgang die früher beschriebenen Erscheinungen der linearen Analyse als bedingendes Element leicht wieder erkennen, ohne dafs es nöthig wäre die Formänderung der Ringe, ehe sie in getrennte Bogen aus einander brechen, näher zu beschreiben.

Circulares Licht einfallen lassen, heifst nichts anderes als zu dem durch den erhitzten Würfel hervorgebrachten Phasenunterschied eine constante Gröfse, nämlich $\frac{2n-1}{4}$ oder $\frac{2n+1}{4}$ Undulationen hinzu addiren, d. h. den Ausgangspunkt des Versuches ändern. Als ich daher zwischen dem polarisirenden Prisma und dem erhitzten Würfel das Glimmerblättchen *g* einschaltete, erhielt ich bei linearer Analyse die zuerst, bei circularer die zuletzt beschriebenen Erscheinungen von einem anderen Ausgangspunkt beginnend.

4) Erscheinungen in den verschiedenen Farben des Spectrum.

Die bisherigen Versuche wurden bei einfallendem einfachen Lichte angestellt, dessen Wellenlänge λ war. Für einen anderen Theil des Spectrum hat aber λ einen anderen Werth. Bezeichnen wir diesen mit $\lambda_{,}$, so wird, wenn:

$$o-e=m\lambda$$
$$o-e=m_{,}\lambda_{,}$$

seyn, also:

$$m-m_{,}=(o-e)\left(\frac{1}{\lambda}-\frac{1}{\lambda_{,}}\right).$$

da $\frac{1}{\lambda}-\frac{1}{\lambda_{,}}$ für eine bestimmte Substanz eine constante

Digitized by Google

Gröfse ist, so wird der Unterschied $m - m_{\prime}$ der Gröfse $o - e$ proportional seyn. Daraus folgt also:

Dafs wenn für eine bestimmte Farbe das Licht durch ein eingeschaltetes Krystallblättchen circular polarisirt ist, es für die anderen Farben linear und entgegengesetzt circular polarisirt seyn kann, und dafs der Unterschied zwischen den einzelnen Farben zunimmt mit der Dicke des Blättchens und mit der Intensität der Doppelbrechung.

Ist das auffallende Licht für die Mitte des Spectrum circular, so ist, wenn der Gangunterschied $\frac{1}{4}$ für diese Mitte, auch für die äufsersten Gränzen des Spectrum das Licht noch nicht linear. Ist es bei $\frac{1}{2}$ Undulation Gangunterschied im Rothen hier linear, so ist es im Blau circular. Bei $\frac{3}{4}$ Gangunterschied im Rothen wird es, wenn es hier rechts circular ist, im Blau linear und im äufsersten Violett links circular. Lineares Licht im Rothen durch den Gangunterschied 1, giebt links circulares im Grün, senkrecht darauf lineares im Indigo und nähert sich im äufsersten Violett dem rechts circularen, endlich links circulares im Roth durch den Gangunterschied $\frac{5}{4}$ giebt lineares im Gelb, rechts circulares, wo das Blau in Indigo übergeht, und darauf senkrecht lineares bei dem Beginn des Violett u. s. f.

Um diefs durch Versuche zu prüfen, wurde ein gleichseitiges Prisma von Guinand'schem Flintglase so aufgestellt, dafs nach Wegnahme der Collectivlinse p das rothe Ende des Spectrum gerade auf die Oeffnung e des polarisirenden Nicol'schen Prisma fiel. Hatte nun der Würfel bei allmäligem Erwärmen die Erscheinungen hervorgebracht, welche einem Gangunterschied von $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, Undulation entsprachen, so wurden die andern Farbenstrahlen in die Axe des Polarisationsapparates gebracht und die Veränderung der Kalkspathfigur untersucht. Diefs konnte ohne Drehung des Prisma leicht erhalten werden, da vermittelst der Auszugsröhre die Höhe des In-

Digitized by Google

struments, durch Bewegung der prismatischen Stange aber die Neigung desselben beliebig geändert werden kann. Glimmerblätter von verschiedener Dicke wurden eben so wie der erhitzte Würfel untersucht. Am schönsten sieht man die Veränderungen, wenn man, vom Violett anfangend, das Instrument in der Auszugsröhre langsam durch die einzelnen Farben des Spectrum herabsinken läfst. Die allmäligen Uebergänge sind von einem Ende desselben zum andern, von dem Farbenunterschied abgesehen, genau dieselben als die bei dem Erhitzen und Abkühlen des Würfels erhaltenen.

Eben so sind die Erscheinungen, wenn man das auffallende Licht durch ein vor dem Kalkspath eingeschaltetes Glimmerblatt circular analysirt, den früher beschriebenen durchaus ähnlich. Statt der einzelnen Theile des Spectrum kann man sich bei diesen Versuchen natürlich auch monochromatischer Lampen oder der Absorption durch farbige Gläser bedienen. Hat man durch ein Blättchen von bestimmter Dicke in einer Farbe das Licht circular polarisirt, so läfst sich dadurch nur bestimmen, ob der Gangunterschied der beiden Strahlen $\frac{2n-1}{4}$, oder ob er $\frac{2n+1}{4}$ Undulation ist. Prüft man dasselbe Blättchen aber in den verschiedenen Theilen des Spectrum, so erhält man nach den eben erörterten Versuchen n selbst bestimmt. Es versteht sich von selbst, dafs, wenn man durch Refraction Erscheinungen der Circularpolarisation im weifsen Lichte erhalten will, es anzurathen ist, die Dicke des Blättchens oder die Härtung des Glases so zu bestimmen, dafs der Gangunterschied für die mittleren Strahlen $\frac{1}{4}$ Undulation wird. Ich bediene mich zu dieser Bestimmung einer durch Kochsalz oder salpetersaures Natron gelb gefärbten Weingeistflamme.

Digitized by Google

5) Farbenerscheinungen combinirter Krystalle im weifsen Licht.

Es ist nun leicht sich von den complicirten Farbenerscheinungen Rechenschaft zu geben, welche man erhält, wenn man hinter einer senkrecht auf die Axe geschnittenen Krystallplatte ein der Axe paralleles Krystallblättchen von beliebiger Dicke einschaltet. Da nämlich für eine Farbe das Licht rechts circular, für die andere links, für eine dazwischenliegende geradlinig polarisirt wird, so werden die schwarzen Büschel an ihren beiden Seiten sich verschieden färben, die Erscheinungen in den geraden Quadranten sich wesentlich unterscheiden von den in den ungeraden, die Farbenringe in beiden aber von der Farbenfolge der Newton'schen Ringe wesentlich verschieden seyn. Aus den bekannten Werthen der Brechungsverhältnisse, der Wellenlänge für die einzelnen Theile des Spectrum und der Dicke des Blättchens läfst sich die Erscheinung vorher bestimmen; sie läfst sich aber auch empirisch nachweisen, wenn man durch Aufsetzen der Collectivlinse *p* des Apparates das Spectrum in der Oeffnung des polarisirenden Nicol'schen Prisma *c* zu Weifs concentrirt, eine Bestätigung, deren häufige Wiederholung wegen der Lichtstärke des Apparates aber nicht zu empfehlen ist.

6) Farbenerscheinungen in Zwillingskrystallen.

Gehen wir von der künstlichen Combination zweier Krystalle zu den in den zwillingsartigen Verwachsungen natürlich vorkommenden über, so haben wir diese in drei Klassen zu unterscheiden: entweder nämlich sind die Axen der verbundenen Individuen lothrecht auf einander, oder sie sind einander parallel, oder machen irgend einen Winkel mit einander. Der Schnitt soll immer senkrecht gelegt seyn auf die Axe des einen Individuum. Der erste Fall gäbe unmittelbar die eben betrachteten Erscheinungen, doch kommt er, so viel mir bekannt ist, bei

durch-

durchsichtiger Krystalle nicht vor, während der zweite nur bei zweiaxigen Krystallen zu Farbenerscheinungen Veranlassung geben kann. Ist nämlich, wie z. B. bei dem Arragonit, ein sehr dünner Krystall in einem andern so eingewachsen, dafs seine krystallographische Axe parallel liegt der des von ihm in zwei Theile getheilten Krystalls, so werden diese, weil die optischen Axen dieser Lamelle merkliche, wenn auch kleine, Winkel mit den Begränzungsebenen machen, für das durch diese Axen gehende Licht als doppelbrechende Prismen wirken müssen, weil ihre optischen Axen nicht in der Ebene der Axen der Lamelle liegen. Die nähere Construction dieser von Erman beschriebenen natürlichen Polarisationsapparate, welche die Ringsysteme wegen der Dünne der Lamelle in ungewöhnlicher Gröfse und wegen der Schiefe der Austrittsfläche gegen ihre optischen Axen sehr verzogen zeigen, erhält man auf optischem Wege dadurch, dafs man diese ohne vorläufige Polarisation gesehenen Ringsysteme ihrer Gröfse und Lage nach mit denen vergleicht, welche vorher geradlinig polarisirtes und eben so nachher analysirtes Licht um die optischen Axen der einschliefsenden Individuen entwikkelt, von denen das eine die polarisirende, das andere die analysirende Vorrichtung abgiebt. Dafs diefs letztere der Fall sey, geht aufserdem daraus hervor, dafs, wenn man einen Turmalin vor dem im natürlichen Lichte betrachteten Krystall herumdreht, abwechselnd eins der Ringsysteme ohne Formänderung verschwindet. Da aber die Erscheinung bei Umkehrung des Krystalls dieselbe bleibt, so gilt dasselbe für das polarisirende Prisma, womit auch die Intensitätsänderungen der Ringe übereinstimmen, wenn man den Krystall mit blofsem Auge in geradlinig polarisirtem Lichte betrachtet. Ein entscheidender Beweis dafür, dafs das hintere Individuum geradlinig polarisirend wirkt, liegt, wie mir scheint, aber darin, dafs die mit blofsem Auge gesehenen Ringe, wenn man cir-

culares Licht einfallen läfst, nicht die Form annehmen, welche diesem entspricht.

Der dritte Fall, dafs die Axe des eingewachsenen Blättchens unter irgend einem Winkel geneigt ist gegen die Axe des einschliefsenden Krystalls, ist auch für einaxige Krystalle von Bedeutung. Die dadurch hervorgebrachte Modification des Ringsystems um die Axe des einschliefsenden Krystalls mufs übereinstimmen mit der in zwei genau centrirten Platten, wenn zwischen ihnen ein Krystallblättchen von bestimmter Dicke eingeschaltet ist. Da man hier das Blättchen durch ein gleich wirkendes eines andern Krystalls ersetzen kann, so läfst sich dieser Fall ohne Schwierigkeit nachconstruiren. Unter sieben, eine Abweichung von dem gewöhnlichen Ringsystem zeigenden Kalkspathplatten fand ich zwei, welche eine sehr regelmäfsige Figur gaben, nämlich ein schwarzes Kreuz mit einander abwechselnd berührenden Curven, welche mir Kreise und Lemniscaten zu seyn schienen; die innerste Curve war vollkommen zu einer 8 geschlungen. Dreht man die Platte in ihrer Ebene, so besteht der innere Theil des Ringsystems aus vier dreieckigen Räumen. Ganz dieselben Erscheinungen erhielt ich, als ich zwischen zwei genau centrirte, das regelmäfsige Ringsystem gebende Platten ein Glimmerblatt von bestimmter Dicke einschaltete, und diefs in seiner Ebene drehte.

7) Versuche über Circularpolarisation durch andere Modificationen.

Von krystallinischen Substanzen des regulären Systems habe ich, in Beziehung auf die Wirkung ungleicher Temperaturvertheilung im Innern des Körpers, nur Flufsspath untersucht. Das hierbei angewandte Bruchstück war vollkommen farblos und durchsichtig, $1\frac{1}{2}$ Zoll lang, und von Hrn. Prof. Weifs mir zu diesen Versuchen anvertraut. Bei einer Hitze, wo im Glaswürfel der

Gangunterschied $\frac{5}{4}$ Undulation geworden war, zeigte es durchaus keine Wirkung auf geradlinig polarisirtes Licht, obgleich ich, um den Wärmeunterschied zu steigern, das obere Ende desselben durch Schwefeläther fortwährend abkühlte, während das untere auf der heifsen Stahlplatte stand [1]).

Transversal schwingende Klangscheiben wirkten weder auf linear noch auf circular einfallendes Licht. Bekanntlich hat aber Biot durch Longitudinalschwingungen langer Glasstreifen einen Lichtschein zwischen den gekreuzten Spiegeln erhalten. Obgleich mir bei den in dieser Beziehung angestellten Versuchen das Kreuz der Kalkspathfigur sich zu öffnen schien, so bedürfen doch diese Versuche einer Wiederholung mit einem besseren akustischen Apparat.

8) Unterschied der Wirkung eines sich erwärmenden und sich abkühlenden Glases.

Zwei quadratische, 3 Linien dicke Scheiben von 11$\frac{1}{2}$ und 13$\frac{1}{4}$ Linie Seite gaben bei dem Erhitzen zuerst rechts circulares, dann geradlinig polarisirtes Licht, bei dem Abkühlen aber, nachdem sie durch rechts circulares zum geradlinigen zurückgekehrt waren, noch links circulares. Der Grund dieser Erscheinung ist folgender. Das untere Ende der auf der heifsen Stahlplatte erhitzten Glastafel erkaltet, wenn die Lampe weggenommen ist, schneller als das obere, welchem aufserdem von dem unteren durch Leitung noch Wärme zugeführt wird. Nach einiger Zeit wird daher die Mitte der Platte der wärmste Theil derselben. Diese wärmere Stelle rückt, da das auf dem schnell abgekühlten Wärmeleiter stehende untere Ende immer stärker sich abkühlt, nach Oben, bis endlich die obere Ecke die wärmere wird. Dafs diefs

1) Brewster sagt in Beziehung auf die Farben, welche Flufsspath durch rasches Abkühlen erhält: *Fluor Spar was very slighly affected*

wirklich der Grund der Erscheinung sey, sieht man, wenn man die sich abkühlende Scheibe zwischen den gekreuzten Spiegeln betrachtet. Die vier weifsen Räume der Diagonalen erlöschen nämlich nicht an der Stelle, an welcher sie sich bildeten, vielmehr rücken die unteren nach Oben, so dafs das dunkle Kreuz sich in zwei Parallelen verwandelt, welche durch eine lothrechte Linie geschnitten werden. Endlich verdrängen die mittleren weifsen Räume die oberen, während die von Unten neu hinzugetretenen die untere Stelle einnehmen. Bei dem Erwärmen, wo der untere Theil der Platte immer die höchste Wärme behielt, mufste natürlich der Fortgang der Erscheinungen einfacher seyn.

Die Wirkung einer bestimmten Stelle eines gekühlten oder geprefsten Glases als circular polarisirender Apparat in den einzelnen Theilen des Spectrum giebt unmittelbar die Bestimmungselemente für die Farbe, mit welcher es im geradlinig polarisirten Lichte erscheint.

V. *Beschreibung eines Apparates für geradlinige, elliptische und circulare Polarisation des Lichtes; von H. W. Dove.*

Auf einem gewöhnlichen dreibeinigen messingenen Fernrohrstativ mit horizontaler und verticaler Bewegung, dessen Höhe, da es eine Auszugsröhre enthält, vermittelst einer Klemmschraube *a* (Taf. V Fig. 1) von 16 bis 25 Zoll vergröfsert werden kann, ist in einer Hülse *h* ein dreiseitiges, 2 Fufs langes, in Pariser Zoll und Linien getheiltes messingenes Prisma *bc* verschieblich. Dieses Prisma trägt fünf Schieber s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, welche sich vermittelst Klemmschrauben an jeder beliebigen Stelle der Scale fixiren lassen. Zwei derselben, s_2, s_5, deren Vorderansicht in Fig. 2 in natürlicher Gröfse besonders gezeich-

net ist, tragen oben im Ringe endende Ständer, welche vermittelst eines Anschlags bei *r* (Fig. 2) sich horizontal und vertical stellen lassen, so dafs die Oeffnungen der in diesen Ringen drehbaren Nicol'schen Prismen *tt* mit der Mitte der in dem Ringe des Schiebers s_3 eingeschraubten Convexlinse *k*, deren Ständer mit einem eben solchen Anschlag versehen ist, und bei senkrechter Stellung auch mit der Mitte der von dem Schieber s_1 getragenen Collectivlinse *p*, von 12 Zoll Brennweite und 3 Zoll Oeffnung, in einer geraden, dem Stabe *bc* parallellen Linie liegen, welche die optische Axe des Instruments ist. Das dieser Collectivlinse nächste Nicol'sche Prisma des Ständers s_2 soll das *polarisirende*, das entferntere des Ständers s_5 das *analysirende* heifsen.

Fällt paralleles Licht auf die Collectivlinse, so wird das polarisirende Prisma im Brennpunkt derselben sich befinden müssen, um alles auffallende Licht zu polarisiren; benutzt man hingegen das Licht einer Lampe, so mufs es sich in der Vereinigungsweite der Strahlen befinden, welche divergirend auf die Collectivlinse auffallen. Bei dem Einstellen verschiebt man natürlich nicht das Prisma, sondern die Collectivlinse, bis das concentrirte Licht der Lampe gerade in die Oeffnung des Prisma fällt.

Um die Polarisationsebenen der beiden Prismen willkührlich zu verändern, sind an den Ringen der Ständer s_2, s_5 eingetheilte Messingscheiben angebracht, auf welchen sich ein an den Prismen angebrachter Zeiger bewegt, der, wenn er rückwärts über den Befestigungspunkt verlängert gedacht wird, mit der längeren Diagonale der rhombischen Grundfläche des Nicol'schen Prisma zusammenfällt. Die Eintheilung des Kreises ist so aufgetragen, dafs bei verticaler Stellung des Ständers die durch die Punkte 0° und 180° gehende Gerade horizontal liegt. Fig. 2 zeigt in natürlicher Gröfse die Ansicht dieser Scheiben, welche in Fig. 1 nicht gezeichnet sind. Es ist am

Digitized by Google

vortheilhaftesten, die dem Auge zugekehrte Seite beider einzutheilen. Den in Fig. 2 punktirten Ständer hat man sich daher hinter der Scheibe zu denken, in sofern er zu dem polarisirenden Prisma *e* gehört, hingegen vor ihr und die Theilung auf der Rückseite der Scheibe, wenn sie zu dem analysirenden Prisma *d* gehört. Es wird selten erfordert werden die Polarisationsebene des einfallenden Lichtes zu ändern, am bequemsten ist, sie ein für allemal horizontal zu legen, d. h. den Zeiger des polarisirenden Prismas auf 0° oder 180° einzustellen. Bei heiterem Wetter, wo das von dem Himmelsgewölbe reflectirte Licht bereits mehr oder weniger stark polarisirt ist, richtet man das Instrument wo möglich nach einer von der Sonne beleuchteten Mauer. Will man aber das von dem Himmelsgewölbe reflectirte Licht direct benutzen, und zwar in gröfstmöglichster Intensität, so geschieht diefs am einfachsten auf folgende Art. Man dreht, nachdem man das polarisirende Prisma mit seiner Scheibe horizontal gelegt hat, das analysirende so lange, bis man in einer im Ringe *l* des Ständers s_4 befindlichen senkrecht auf der Axe geschnittenen Kalkspathplatte das Ringsystem mit den schwarzen Büscheln erhält, stellt dann das polarisirende Prisma *e* wieder vertical, und dreht dasselbe so lange, bis man dieselbe Erscheinung im Kalkspath wahrnimmt. Der Zeiger des polarisirenden Prismas *e* giebt dann die Richtung der Polarisationsebene des einfallenden Lichtes, und die Ringe erscheinen in gröfster Klarheit.

Das von dem polarisirenden Prisma divergirend ausgehende Licht wird zuerst von einer unter *v* angedeuteten Convexlinse von 2 Zoll Breite, deren Entfernung von der Oeffnung *e* $\frac{3}{4}$ Zoll beträgt, und welche in das untere Ende der durch die Scheibe hindurchgehenden Fassung dieses Prisma selbst eingeschraubt ist, aufgefangen, und fällt dann auf die 3 Zoll entfernte Linse *k* von $1\frac{1}{2}$ Zoll Brennweite des Ständers s_3. Von hier aus geht es

durch den im Ring l befindlichen, im polarisirten Lichte zu untersuchenden Krystall des Ständers s_4, und nun in das analysirende Prisma d, in dessen unterem Ende eine unter u angedeutete Hohllinse von 4 oder 5 Zoll Brennweite eingeschraubt ist. Dem Ring l kann vermittelst einer Kugelbewegung, welche in Fig. 1 dargestellt ist, oder einer Bewegung in Spitzen (wie bei den Beleuchtungslinsen oder Beleuchtungsspiegeln der gewöhnlichen Mikroskope) jede beliebige Neigung gegen die Axe des Instruments gegeben werden. Da nun der in diesem Ring befindliche Krystall aufserdem in seiner Ebene drehbar ist, so können die optischen Axen desselben in Beziehung auf ihre Stellung gegen die Polarisationsebene des einfallenden Lichtes willkührlich geändert werden. Will man aber zur Darstellung der isochromatischen Curven zwei der Axe parallel geschnittene Krystallplatten oder zwei gleich dicke Glimmerblätter combiniren, so geschicht diefs dadurch, dafs man dem einzusetzenden Ring zwei Schraubengewinde giebt, von welchen das auf den gröfseren Cylinder gezogene in l hineingeht, das auf dem engeren Cylinder aber hindurchgeht, so dafs auf der Seite nach k hin der zweite Krystall aufgeschraubt wird, dessen Axe auf diese Weise jeden beliebigen Winkel gegen die des ersten Krystalls erhält.

Der Ring m, nahe in der Brennweite von k, ist zur Aufnahme gekühlter Gläser, Gypsblättchen und Amethyste bestimmt. An einem Stift befestigt befindet sich der Mittelpunkt desselben gerade in der Axe des Instruments, wenn der Stift in der Hülse eben aufsteht. Aehnliche Ringe von Holz, mit geraden Stiften versehen, können in die Hülse des Ständers s_4 gestellt werden. Zweiaxige Krystalle sind darin so befestigt, dafs wenn man den Ring um den Stift dreht, die Ringsysteme beider Axen nach einander durch das Gesichtsfeld gehen; stehen daher die Zeiger der beiden Nicol'schen Prismen auf 0° und 90°, so liegen die schwarzen Büschel der Ringsy-

Digitized by Google

steme in einer horizontalen Linie. Der Ring *m* kann auch zur Aufnahme einer mikrometrischen Vorrichtung für die in *l* betrachteten Ringsysteme der Krystalle dienen.

Um die geradlinige Polarisation in circulare zu verwandeln, enthalten die um die Zapfen *n* und *o* drehbaren Arme *f* und *g* Blättchen von zweiaxigem Glimmer [1]), von der Dicke, dafs sie, wenn die Axen derselben *ff* und *gg* (Fig. 2 Taf. V) Winkel von 45° und 135° mit der Ebene *ee* der primitiven Polarisation machen, zwischen den beiden Strahlen gerade einen Gangunterschied von $\frac{1}{4}$ Undulation hervorbringen. Statt der Glimmerblättchen kann man sich gekühlter oder geprefster Gläser bedienen, und sie so combiniren (Fig. 5), wie es in der vorhergehenden Abhandlung näher beschrieben wurde.

Liegen beide Blättchen zur Seite, so wird das geradlinig polarisirte Licht geradlinig analysirt. Um geradlinig polarisirtes Licht circular zu analysiren wird *f* vorgelegt. Soll circular polarisirtes Licht linear analysirt werden, so wird *f* zur Seite gebogen und *g* vorgelegt. Beide Blättchen müssen, wie in Fig. 1 Taf. V, vorliegen, wenn circular polarisirtes Licht circular analysirt werden soll. Die Axe des Glimmerblättchens ist auf der Fassung desselben angegeben. Läfst man sie, statt den Punkten 45° und 135° zu entsprechen, durch andere Theilungspunkte gehen, so erhält man die Erscheinungen der elliptischen Polarisation. Bringt man in der Richtung der Axe *gg* einen kleinen Stift an, so läfst sich die Lage der Axe des Glimmerblättchens leicht auf die Theilung des Ständers s_2 beziehen.

Um die einfachen Intensitätsversuche anzustellen, ist es vortheilhaft das Gesichtsfeld abzublenden. Diefs geschieht durch einen hohlen Cylinder von 1 Zoll Höhe,

1) Obgleich man durch eine bestimmte Neigung eines dünnen Blättchens einaxigen Glimmers dieselben Erscheinungen erhalten kann, so scheint mir die Anwendung des zweiaxigen doch viel bequemer.

welcher auf das etwas hervorstehende Ende der Fassung der Linse *k* nach *m* hin aufgeschraubt wird. Die Oeffnung der Blendung im Boden dieses Cylinders ist $1\frac{1}{2}$ Linie. Dieser scharf begränzte helle Kreis giebt für diese Versuche ein sehr gutes Object ab. Dreht man das analysirende Prisma in seiner Fassung, so erhält man die Abnahme nach dem Gesetz von Malus; legt man eins der Glimmerblättchen vor, so bleibt bei der Drehung die Intensität des Lichtes unverändert. Schraubt man statt des analysirenden Nicol'schen Prismas ein achromatisches, in gleicher Fassung befindliches doppelbrechendes Prisma ein, so erhält man die analogen Erscheinungen für beide Bilder.

Ein in den Ring *l* eingeschraubtes doppelbrechendes Prisma giebt, wenn das polarisirende Prisma *e* zur Seite gebogen ist, zwei auf einander senkrecht polarisirte Bilder der Blendung, deren Intensitätsveränderungen durch Drehung des analysirenden Prisma *u* erhalten werden. Legt man das Glimmerblättchen *f* vor, so werden die Bilder, wenn der Hauptschnitt des doppelbrechenden Prisma lothrecht oder horizontal liegt, rechts und links circular, und man erhält eine Vorrichtung, welche in ihren Wirkungen übereinstimmt mit dem von Fresnel angegebenen Apparate, welcher aus drei Bergkrystallprismen, von welchen zwei einem rechts gewundenen und das eine einem links gewundenen Krystall angehören, besteht. Bei Drehung des analysirenden Prisma behalten die Bilder ihre Intensität unverändert. Ist das analysirende Prisma ebenfalls ein doppelbrechendes, so bewegen sich bei der Drehung desselben, wenn das Glimmerblatt zwischen liegt, zwei Bilder gleichbleibender Intensität um zwei feststehende mit derselben Eigenschaft.

Befindet sich im Ring *m* ein Glimmerblatt oder Gypsblatt von bestimmter Dicke, so erhält man bei der Drehung desselben um den Stift, an welchem es befestigt ist, zwischen den beiden Nicol'schen Prismen die Erschei-

Digitized by Google

nungen der sogenannten polarisation colorée. Die complementaren Farben erscheinen intensiv, und geben da, wo sie einander übergreifen, weifs, wenn das analysirende Nicol'sche Prisma mit einem doppelbrechenden vertauscht wird. Will man hiebei zwei doppelbrechende Prismen wie oben combiniren, so mufs das Glimmerblatt *f* mit einem dickeren vertauscht werden. Verkleinert man die Blendung, so treten die Bilder ganz aus einander. Schraubt man auf die durchgehende Fassung des Nicol'schen analysirenden Prisma eine senkrecht auf die Axe geschnittene Kalkspathplatte, so erhält man, wenn in *l* das doppelbrechende Prisma befindlich ist, in den getrennten circular polarisirten Räumen die entsprechenden Modificationen des Ringsystems; befindet sich hingegen im Ring *l* eine zweite, ebenfalls auf die Axe senkrecht geschnittene Platte von Kalkspath, so ist es leicht durch Drehung dieses Ringes diese genau mit der ersten zu centriren. Auf diese Weise kann man, wenn ein in *f* befindliches Glimmerblatt von bestimmter Dicke eingeschaltet wird, die in der vorigen Abhandlung beschriebenen Erscheinungen gewisser Kalkspathzwillinge nachbilden. Liegt *f* zur Seite, so erhält man bei Drehung des Ringes *l* die aus der Combination zweier nicht centrirter Platten entstehenden isochromatischen Curven [1]). Auf ähnliche Weise werden Platten verschiedener Krystalle combinirt, um den positiven oder negativen Charakter ihrer Axen zu untersuchen.

Soll statt weifsen Lichtes einfarbiges oder dichromatisches einfallen, so werden kleine Holzringe von 1 Zoll Durchmesser mit farbigen Gläsern vor die Oeffnung des polarisirenden Prisma *e* befestigt. Dichromatische Gläser zeigen, wenn das concentrirte Licht einer weifsen

1) Um die vier in einander geschlungenen Spiralen einer rechts und links gewundenen Bergkrystallplatte zu erhalten, verbinde ich eine planconcav geschliffene rechts gewundene Platte mit einer plangeschliffenen eines links gewundenen Krystalls.

Lampe auf sie fällt, bei zweiaxigen Krystallen die Verschiedenheit der optischen Axen für die verschiedenen Farben, bei einaxigen Krystallen hingegen schöne Abwechselungen verschieden gefärbter Ringe. Blaue Gläser, welche besonders die Enden des Spectrum hindurchlassen, geben, z. B. im Arragonit, die innere Curve in zwei verschiedenfarbige Räume getheilt und entsprechende Abänderungen innerhalb jedes Ringes; die beiden inneren Ringe im Kalkspath hingegen intensiv roth, umgeben von violetten, allmälig immer mehr in einander übergehenden Ringen, während, beleuchtet von einer durch Chlorstrontium gefärbten Weingeistflamme, die drei inneren Ringe violett sind, auf welche dann drei rothe folgen u. s. f. Durch Rubinglas erhält man schon sehr homogenes Roth, daher dunkle Ringe im rothen Gesichtsfeld. Die schönste Erscheinung zeigt eine mit Kochsalz oder salpetersaurem Natron gelbgefärbte Weingeistflamme. Die dunkeln Ringe und die Verbindungscurven der verschiedenen Ringsysteme von Arragonitzwillingen erscheinen dann im linearen und circularen Licht in gröſster Schärfe. Für Blau und Violett ist es am besten sich der Farben des Spectrum zu bedienen. Die Collectivlinse wird dann weggenommen, damit das Licht direct auf die Oeffnung des polarisirenden Prisma fällt.

Die in Fig. 3 Taf. V dargestellte Vorrichtung dient, um das Licht durch Spiegelung zu analysiren, und wird statt des analysirenden Prisma in den Ständer s_5 eingeschraubt. Die Schraube enthält bei *u* eine Hohllinse gleicher Brennweite. Der unbelegte, unter dem Polarisationswinkel geneigte Spiegel ist $\frac{7}{4}$ Zoll lang und $\frac{5}{4}$ Zoll breit.

Ueber die drei Stücke des Charnieres *q* ist auf der linken Seite der Fig. 1 ein Strich gezogen. Bilden die Theile dieses Striches eine gerade Linie, so ist die Stange *bc* unter dem Polarisationswinkel gegen einen horizontalen Spiegel geneigt. Legt man *k* und *v* zur Seite, so

kann man das durch Spiegelung polarisirte Licht durch das Prisma oder den Spiegel in *u* linear oder vermittelst *f* circular analysiren. Um aber gröfsere gekühlte Gläser in circular polarisirt einfallendem Lichte zu untersuchen, bediene ich mich eines gröfseren Glimmerblattes als das in *g* ist, welches $g_{,}$ heifsen mag, und in einen Holzring von 2 Zoll innerem Durchmesser, befestigt auf die durchgehende Schraube der Collectivlinse *p*, unmittelbar aufgeschraubt wird. Die Axe dieses Glimmerblattes liegt wie die des Blättchens in *g*, welches zu Seite gebogen ist. Die Hohllinse in *u* wird herausgenommen, und der die gekühlten Gläser tragende Ständer in die dem Auge am meisten zusagende Entfernung gebracht. Hält man die Gläser in der Hand, so kann man ohne Veränderung des Apparates die verschiedenen Erscheinungen des linearen und circulären Lichtes beobachten. Hält man das Glas zwischen die Collectivlinse und den Spiegel, so wird, wenn *f* und $g_{,}$ vorliegt, auf dem durch das analysirende Prisma verdunkelten Spiegel in einen gekühlten Würfel, Fig. 6 Taf. V, gesehen, und wenn der Würfel um 45° gedreht ist, Fig. 7, also dieselben Erscheinungen als wenn beide Glimmerblätter fortgenommen wären. Zwischen beiden Glimmerblättern, deren Axen sich rechtwinklig kreuzen, erscheint Fig. 8, und zwar unverändert, wenn der Würfel in seinem Ringe gedreht wird. Fig. 9 ist dazu die complementare Figur, welche erhalten wird, wenn bei unveränderter Stellung der Glimmerblättchen das analysirende Prisma um 90° gedreht wird. Ist *f* zurückgebogen, so erscheint die Modification der linearen Figur, welche circular polarisirt einfallendes Licht linear analysirt giebt. Von dieser, so wie von der bei circularer Analyse des linearen Lichtes, welche erfolgt, wenn der Würfel dicht neben der Collectivlinse sich befindet, wird man sich leicht eine Vorstellung bilden, wenn man sich die lineare Figur durch zwei senkrechte Linien in vier gleiche Quadranten zerlegt denkt, und die geraden

vom Mittelpunkt um $\frac{1}{4}$ Intervall entfernt, die ungeraden um so viel ihm genähert sich, vorstellt oder umgekehrt diese entfernt, während jene genähert sind.

Will man Lampenlicht durch Spiegelung polarisiren, so ist es besser einen unter dem unveränderlichen Polarisationswinkel geneigten Spiegel auf der Collectivlinse selbst drehbar zu befestigen. Hat man das Instrument vorher mittelst des polarisirenden Prisma auf die Lampe eingestellt, so dreht man, nachdem das Prisma zur Seite gebogen und der Spiegel aufgesetzt ist, das Instrument, ohne seine Neigung zu verändern, um seinen lothrechten Ständer, bis man von Neuem in dem im Ring befindlichen Kalkspath dessen Ringsystem erblickt.

Statt Nicol'sche Prismen anzuwenden, kann man auch das Licht durch Absorption in Turmalinplatten oder durch successive Refraction in Sätzen von Glasscheiben polarisiren. Diese werden in ähnlichen Fassungen in die Ständer geschraubt.

Um die Ablenkung der Polarisationsebene durch Refraction zu erhalten, werden die refrangirenden Körper in den Ständer s_3 gebracht. Die Ablenkung durch Reflexion kann bequem beobachtet werden, wenn man die Stange an einer bestimmten Stelle in einen Winkel umbiegen kann. Da dieser Versuch aber leicht auf andere Weise erhalten wird, so schien es mir unnöthig, deswegen den Apparat zu compliciren. Eben so kann man durch Hinzufügung einiger Linsen und Ständer den Apparat in ein polarisirendes Mikroskop mit noch gröſserem Gesichtsfeld verwandeln. Da dieſs aber bei sehr wenigen Versuchen wünschenswerth seyn wird, die Zusammensetzung eines solchen Apparates aus einzelnen, auf einander passenden Ringen auſserdem leicht ist, so habe ich diese hier weggelassen.

Wenn man ein sich erwärmendes oder abkühlendes Glas im polarisirten Licht zu untersuchen wünscht, so wird die prismatische Stange so in die Fassung *h* ge-

steckt, dafs eine ihrer bisherigen Seitenflächen nach Unten zu liegen kommt. Alle Ständer befinden sich dann zur Seite der um 120° gedrehten horizontalen Stange, welche der Erwärmung durch eine zwischengestellte Lampe kein Hindernifs darbietet.

Sieht man statt in das Prisma *u* in *e* hinein, so erhält man bei einer geringen Aenderung des Abstandes der Linse *v* genau dieselben Erscheinungen. Man kann also sämmtlichen Ständern in Beziehung auf die Collectivlinse auch die umgekehrte Ordnung geben.

Die Vorzüge des eben beschriebenen Apparates scheinen mir folgende zu seyn:

1) Seine Lichtstärke, welche so grofs ist, dafs im unverfinsterten Zimmer eine 12 Fufs entfernte und durch Kochsalz gelbgefärbte Weingeistflamme das Ringsystem des Kalkspaths in voller Deutlichkeit zeigt.
2) Die leichte Verwandlung der linearen Polarisation in circulare und elliptische.
3) Die Entbehrlichkeit einer besondern Beleuchtungsvorrichtung.
4) Die Gröfse des Gesichtsfeldes [1]).
5) Die Reinheit der Farben, welche nur durch farblose Krystalle erzeugt werden.
6) Die Wohlfeilheit des Instruments, da es zugleich als Modell eines offenen Fernrohrs und als Mikroskop dient (die Collectivlinse ist das Objectiv des Fernrohrs, die Ständer s_2, s_3, s_5 nehmen die Oculare auf, s_4 wird der Ständer für die mikroskopischen Gegenstände).
7) Die leichte Ausführung aller einzelnen Veränderungen bei den verschiedenen oben beschriebenen Versuchen.

1) Um diefs nicht zu verkleinern, mufs der Arm *f* dicht an *u* sich vorbeibewegen, die cylindrische Fassung des polarisirenden Prisma nicht höher als ½ Zoll seyn.

Der Mechanicus Hirschmann hieselbst, dessen Nicol'sche Prismen in den Händen vieler Naturforscher sind, hat diesen Apparat nach meiner Angabe bereits in mehreren Exemplaren auf Bestellung ausgeführt. Der Preis desselben, wenn er als offnes Fernrohr und Mikroskop zugleich dienen soll, ist 60 Rthl.

Nachschrift.

Fig. 4 Taf. V stellt einen kleinen, aus einem einzigen Glasstück bestehenden Apparat vor, welcher die Modificationen des Lichtes durch Reflexion vereinigt zeigt. Die einander parallelen Flächen *ad* und *bc* stehen lothrecht auf den parallelen Flächen *ac* und *bd*, hingegen ist *ab* gegen *ad* und *cd* gegen *bd* unter 45° geneigt. Senkrecht auf *ad* fallendes Licht wird daher, nachdem es von *ab* und *cd* reflectirt worden, aus *bd* austreten. Die den Raum totaler und theilweiser Reflexion begränzenden prismatischen Bogen schneiden einander daher wie in der danebenstehenden Zeichnung. Im Raum *m* ist das Licht nach zweimaliger totaler Reflexion unpolarisirt, in den Räumen *o* und *n* senkrecht auf einander polarisirt, im Raum *p* hingegen theilweis polarisirt einfallendes Licht im Sinne der zweiten Reflexion geändert. Das Licht des Raumes *m* unterscheidet sich von dem aus einem Fresnel'schen Parallelopiped dadurch, dafs die Ebenen der zweimaligen Reflexion lothrecht auf einander stehen, statt dafs sie dort zusammenfallen.

Die Erscheinungen gekühlter Gläser in circularem Licht sind noch nicht näher, die geprefster Gläser noch gar nicht beschrieben, daher einige Worte über diese. Bei circularer Analyse verhalten sich volle gekühlte Cylinder wie Kalkspathplatten. Sie zeigen das Ringsystem ohne Kreuz, bei linearer Analyse in den Quadranten verschoben. Eben so verhalten sich die schroff abgesetzten dem innern schwarzen Ringe concentrischen Farbenringe hohler Cylinder. Das Kreuz in dreiseitigen Platten besteht

Digitized by Google

aus vier schwärzen Punkten (bei zwei auf einander gelegten Platten aus vier Dreiecken), welche, durch hellgraue Schatten verbunden, ein Y bilden. In sechs- und achtseitigen Platten wird der schwarze Centralfleck ein sechs- und achtseitiger Stern, während die Farben der Ecken sich zu einer sehr regelmäſsigen Umschlieſsung ordnen, besonders wenn durch Drehung des analysirenden Prisma die Mitte weiſs wird; die Figuren gekühlter Würfel sind Fig. 8 und 9 Taf. V abgebildet. Die isochromatischen Linien rechtwinklig gekreuzter parallelopipedischer Platten bleiben ihrer Form nach denen im linearen Lichte gleich, welche erscheinen, wenn die Polarisationsebene den rechten Winkel zwischen den Platten halbirt. Alle Figuren bleiben unverändert, wenn man die Gläser bei circularer Polarisation und Analyse in ihrer Ebene dreht.

Durch ungleiche Abkühlung entstandene Unregelmäſsigkeiten der Figuren zeigen sich im circularen Licht besonders bei dünnen Platten, oft selbst bei denen, welche im linearen regelmäſsig erschienen, doch habe ich auch gerade das Entgegengesetzte, und zwar bei einer sechsseitigen Platte, beobachtet.

Ein durch umwickelten Messingdraht zusammengepreſster Cylinder [1]) verhielt sich wie ein gekühlter. Quadratische und kreisförmige Platten diametral durch eine Schraube gepreſst, zeigen zwischen den an den Angriffspunkten der Schraube entstehenden Ringen eine farbige Verbindung ohne Kreuz. Liegt die Compressionsaxe in der Polarisationsebene des geradlinig polarisirt einfallenden Lichtes, so ist auch hier die Figur in den Quadranten verschoben, wenn das Licht circular analysirt wird.

1) Diese Anwendung der Weber'schen Pressungsmethode des Glases auf Polarisationserscheinungen hat mir Hr. Prof. Mitscherlich gezeigt. (Vergl. d. Annal. Bd. XX S. 1.)

VI. *Ueber die Farbenzerstreuung in einem und demselben Mittel; von Hrn. Amici.*

[Gegenwärtiger Aufsatz ist ein Auszug aus einer Abhandlung *über die Verfertigung achromatischer Fernröhre ohne Linsen*, welcher Hrn. Werhulst vom Hrn. Amici mitgetheilt, und von Ersterem in den Anhang zu der gemeinschaftlich von ihm und Hrn. Quetelet besorgten franz. Uebersetzung der Herschel'schen Optik aufgenommen worden ist.]

Nach der Annahme der Physiker ist die Dispersion der Farben in einem und demselben brechenden Mittel constant, d. h. bei einer und derselben Substanz entsprechen gleichen Refractionen gleiche Dispersionen. Es ist diefs eins der Grundgesetze, auf welche sich die Theorien der berühmtesten Mathematiker stützen, die sich mit dem Achromatismus beschäftigt haben, und man hat daraus gefolgert, es sey bei Anwendung einer einzigen brechenden Substanz unmöglich, das Licht durch Refraction ohne Zersetzung abzulenken. Ich habe indefs gefunden, dafs die Dispersion, welche aus *mehr als einer* Refraction erfolgt, keineswegs constant ist, sondern verschieden nach der Neigung der Strahlen, die auf die Fläche eines Prisma einfallen.

Ein Lichtstrahl kann so auf ein Prisma einfallen, dafs er mit beiden Flächen gleiche Winkel macht. Bekanntlich ist dann die totale Refraction ein Minimum, und jeder andere Strahl, der entweder gegen die Kante oder die Grundfläche des Prisma stärker neigt als der ebengenannte Strahl, erleidet eine gröfsere Ablenkung. Zahlreiche Versuche haben mich nun die bis dahin unbekannte Eigenschaft gelehrt, dafs wenn der einfallende Strahl nach Seite der Kante neigt [1]), die Dispersion stär-

1) Die Neigung gegen die Kante oder gegen die Grundfläche ist immer auf den Strahl bezogen, der die kleinste Ablenkung er-

Digitized by Google

ker ist als die, welche man erhält, wenn man das Prisma so dreht, dafs dieselbe Refraction bewirkt wird, der Strahl aber mehr gegen die Grundfläche neigt.

Noch befremdender scheint es, dafs ein Strahl, der zu einem ersten Prisma hinausgetreten ist, so abgeändert wird, dafs er die umgekehrte Eigenschaft erlangt, d. h. wenn man den zum ersten Prisma ausfahrenden Strahl mit einem zweiten Prisma auffängt, so ist die Farbenzerstreuung *gröfser*, falls der Strahl sich der Basis nähert, und *kleiner* im umgekehrten Fall.

Man kann diefs Gesetz auch auf folgende Weise ausdrücken: *Wenn gleiche Ablenkungen des Spectrums entsprungen sind aus ungleichen Ablenkungen der Strahlungen an den beiden Flächen des Prismas, so sind die farbigen Räume gröfser, sobald die von der Hinterfläche bewirkte Ablenkung gröfser ist, als die von der Vorderfläche erzeugte. Dieser Satz ist nur unter der Bedingung wahr, dafs der einfallende Strahl zuvor keine Brechung erlitten hat. Sonst sind die farbigen Räume kleiner.*

Diefs Gesetz geht aus folgenden Versuchen hervor, die Jeder, der gut geschliffene Prismen besitzt, leicht wiederholen kann.

Versuch 1. Ein Prisma von englischem Kronglase und dem brechenden Winkel 20° 6', so gerichtet auf einen Gegenstand, dafs der einfallende Strahl gleiche Neigung hatte, wie der ausfahrende in Bezug auf die brechenden Ebenen, wurde durch ein dicht vor das Auge gehaltenes Prisma aus französischem Spiegelglase von 6° 15' achromatisirt, sobald die auf letzteres einfallenden Strahlen gegen die Grundfläche desselben neigten. Die Refraction durch beide Prismen war Null, d. h. die beiden Prismen brachen gleich stark, der Gegenstand erschien achromatisch und verkürzt.

leiden würde; wenigstens wenn nicht ausdrücklich das Gegentheil angegeben ist.

Digitized by Google

Versuch 2. Mit denselben Prismen. Der auf ersteres einfallende und gegen dessen Basis neigende Strahl wurde durch das zweite corrigirt, dessen Basis er sich noch mehr näherte. Die Refraction war im ersten Prisma stärker. Der Gegenstand erschien verkürzt.

Versuch 3. Dieselben Prismen, nur ihren Ort gegen einander vertauscht. Der auf das erste Prisma einfallende und gegen dessen Kante neigende Strahl wurde beim Einfallen auf das zweite, unter einer der Emergenz gleichen Incidenz achromatisirt. Die Refraction war Null, der Gegenstand erschien verlängert.

Versuch 4. Dieselben Prismen. Der einfallende Strahl, noch mehr gegen die Kante des ersten Prismas neigend, wurde, beim Eintritt in das zweite, durch eine gröfsere Neigung gegen die Kante corrigirt. Die Refraction war gröfser im zweiten Prisma; der Gegenstand erschien verlängert.

Versuch 5. Ein Prisma aus weifsem venetianischen Glase und von 28° 12′ wurde combinirt mit einem andern Prisma aus Kronglas von 20° 6′, welches letztere sich auf Seite des Auges befand. Wenn am ersten Prisma die Incidenz der Emergenz gleich gemacht wurde, und beim zweiten Prisma der einfallende Strahl gegen die Basis neigte, waren die Farben compensirt und der Gegenstand erschien verkürzt. Die Refraction war alsdann im ersten Prisma stärker.

Versuch 6. Die beiden eben genannten Prismen. Der einfallende Strahl gegen die Basis des ersten Prismas geneigt, wurde corrigirt, wenn er dem zweiten unter einer Incidenz begegnete, die ihn gegen die Basis desselben neigen machte. Die Refraction war im ersten Prisma gröfser, und der Gegenstand schien verkürzt.

Wenn man das erste Prisma unbewegt liefs, und das zweite so neigte, dafs es eine gleiche Refraction erzeugte, zugleich aber der auf dasselbe einfallende Strahl gegen

dessen Kante neigte, so wurde die Dispersion dieses Prismas schwächer.

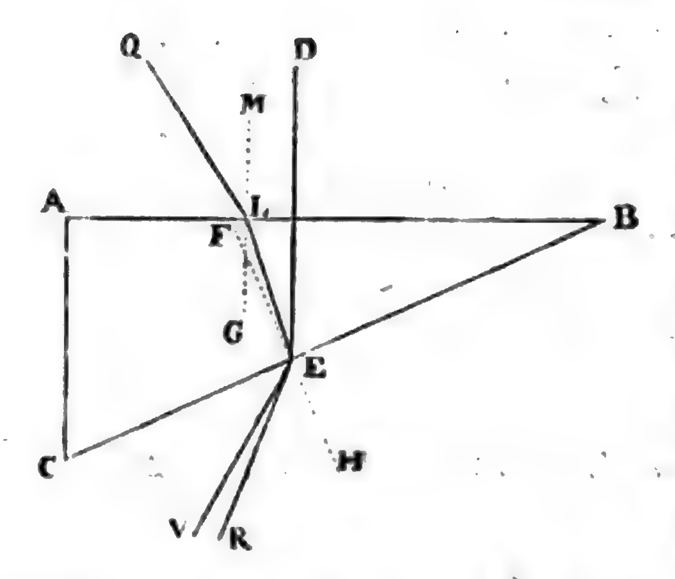
Versuch 7. Dieselben Prismen, wie beim letzten Versuch. Der einfallende Strahl, gegen die Kante des ersten Prismas geneigt, wurde durch das zweite Prisma corrigirt, sobald der auf dasselbe einfallende gegen dessen Kante neigte. Der Gegenstand war verlängert und die Refraction stärker im zweiten Prisma.

Blieb das erste Prisma unverrückt, und wurde das zweite geneigt, damit der auf dasselbe einfallende Strahl gegen dessen Basis neigte, so war bei gleicher Refraction in den beiden Fällen die Dispersion des Lichtes gröfser.

Versuch 8. In zwei gleichen Prismen aus gleicher Substanz ist, unter gleichen Incidenzen, der gegen die beiden Kanten geneigte Strahl bei seiner Emergenz gefärbt, und die Dispersion ist gröfser in dem Prisma, welches dem Gegenstand näher liegt. Der Gegenstand ist verlängert.

Wiewohl die Veränderlichkeit der Dispersion des Lichts in einem und demselben Mittel scheint auf den ersten Anblick ein eigenthümliches, von den gewöhnlichen Gesetzen der Farben-Entstehung im Prisma unabhängiges Phänomen zu seyn, so ist sie dennoch eine unmittelbare Folge von der Theorie der Refraction, und wenn ich sie als eine *neue* Eigenschaft des Lichts betrachte, so geschieht es alleinig darum, weil sie niemals von den Physikern beobachtet worden ist. Um zu zeigen, wie man die durch meine Versuche gegebenen Resultate aus der Theorie herleiten könne, und vor allem, um zu beweisen, dafs gleiche Refractionen ungleiche Dispersionen erzeugen müssen, je nachdem der einfallende Strahl gegen die Basis oder gegen die Kante des Prismas neigt, ist es hinreichend, die Dispersionen für diese beiden Fälle zu berechnen.

Digitized by Google



Gesetzt also es falle auf ein Glasprisma ABC, senkrecht zur Ebene AB, ein weifser Strahl DE ein. Bei Ankunft an der zweiten Fläche BC unter der Incidenz FED (von z. B. 30°) wird dieser Strahl gebrochen werden, und in den Richtungen ER und EV ausfahren. ER bezeichnet die Richtung der rothen oder wenigst brechbaren Strahlen, und EV die Richtung der violetten oder meist brechbaren. Der Winkel VER ist der Dispersionswinkel, der bestimmt werden soll. Nun ist beim Uebergang des Lichts aus Glas in Luft das Verhältnifs des Incidenzsinus zum Refractionssinus für die rothen Strahlen wie 50 : 77, und für die violetten wie 50 zu 78. Daraus folgt:

$$\sin 30^\circ : \sin REH :: 50 : 77$$
$$\sin 30^\circ : \sin VEH :: 50 : 78$$

$$\sin REH = \frac{77 \,.\, \sin 30^\circ}{50} \;;\quad \sin VEH = \frac{78 \,.\, \sin 30^\circ}{50},$$

folglich:

$$REH = 50^\circ\, 22' \qquad VEH = 51^\circ\, 16'.$$

Der Dispersionswinkel ist also:

$$VER = VEH - REH = 54'.$$

Gesetzt nun es falle (in vorhergehender Figur) ein Strahl RE von weifsem Licht auf die Fläche CB des Prismas unter dem Incidenzwinkel REH ein. Indem er gebrochen wird, zerfällt er in rothe Strahlen, welche offenbar die Richtung ED einschlagen, und in violette Strahlen, welche in der Richtung EL fortgehen. Die letzteren, nachdem sie unter der Incidenz ELG an der Fläche AB angelangt sind, fahren aus, und bilden den Refractionswinkel QLM, welcher nun den Dispersionswinkel vorstellt.

Da nun der Winkel $REH = 50^\circ\ 22'$ ist, so hat man:

$$\sin 50^\circ\ 22' : \sin FEL :: 78 : 50$$

oder:

$$\sin FEL = \frac{50 . \sin 50^\circ\ 22'}{78}$$

und

$$FEL = 29^\circ\ 35',$$

folglich:

$$LED = FED = FEL = 30^\circ - 29^\circ\ 35' = 25'.$$

Aber:

$$ELG = LED = 25'.$$

Also:

$$\sin 25' : \sin QLM :: 50 : 78.$$

Diefs giebt:

$$\sin QLM = \frac{78 . \sin 25'}{50}$$

und $QLM = 39'$.

Dieser grofse Unterschied (von 15′) zwischen den Dispersionswinkeln QLM und VER zeigt, wie viel stärker die Färbung seyn mufs, wenn der einfallende Strahl auf Seite der Kante neigt, als wenn er umgekehrt auf Seite der Basis neigt. Ein Flintglasprisma würde einen noch beträchtlicheren Unterschied gegeben haben. Um den Dispersionsunterschied, der aus einem Incidenzunterschied entspringt, auf eine allgemeine Weise auszudrücken, bezeichnen wir mit

Δ den Winkel, unter welchem der äufserste rothe und der äufserste violette Strahl bei ihrem Austritt aus einem Prisma, dessen brechender Winkel a ist, gegen einander neigen;

m das Brechungsverhältnifs der Strahlen von mittlerer Brechbarkeit;

$m + dm$ das Brechungsverhältnifs der violetten Strahlen,

$m - dm$ das der rothen Strahlen;

r den Refractionswinkel der mittleren Strahlen an der Vorderfläche des Prismas, d. h. der dem Object zugewandten Fläche desselben;

Digitized by Google

r' den analogen Winkel an der Hinterfläche.

Wir haben alsdann für den Werth von Δ:

$$\Delta = \frac{2dm \,.\, \sin a}{\cos r \,.\, \cos r'}.$$

Den Beweis dieser interessanten Formel findet man in den »*Untersuchungen über verschiedene Punkte der Analysis des Unendlichen*« des Paters Gregorio Fontana, Pavia 1793.

Bezeichnet man mit i den Incidenzwinkel, welcher dem Refractionswinkel r entspricht, so hat man:

$$\sin i : \sin r :: m : 1,$$

woraus:

$$\sin r = \frac{\sin i}{m}.$$

Allein $\cos r = \sqrt{1 - \sin^2 r}$; substituirt man also diesen Werth, so kommt:

$$\cos r = \sqrt{1 - \frac{\sin r}{m^2}},$$

und weil auch $\cos r' = \sqrt{1 - \sin^2 r'}$, folgt dann:

$$\Delta = \frac{2dm \,.\, \sin a}{\sqrt{1 - \frac{\sin^2 i}{m^2}} \,.\, \sqrt{1 - \sin^2 r'}}$$

$$= \frac{2mdm \,.\, \sin a}{\sqrt{(m^2 - \sin^2 i)(1 - \sin^2 r')}}$$

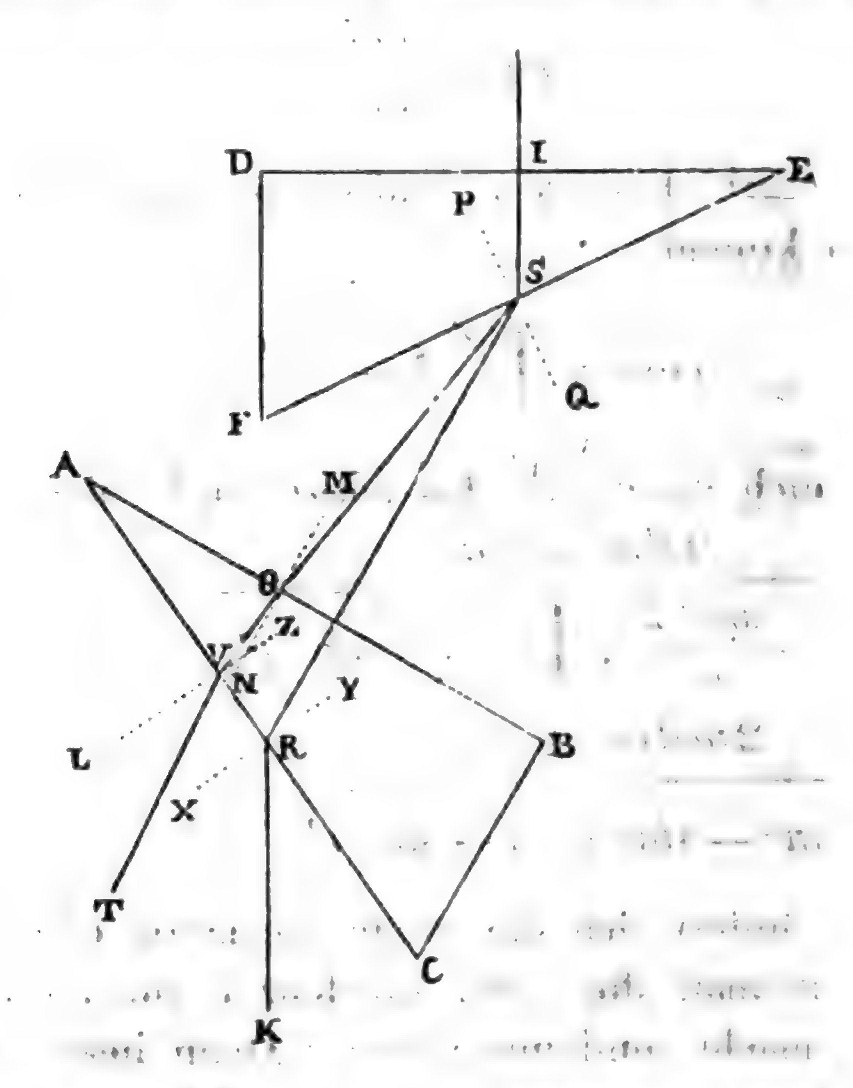
Indefs ändert sich die totale Deviation (*Refraction*) nicht, wenn man die erste Incidenz i zur zweiten Refraction r' macht, und umgekehrt. Denn bekanntlich ist die totale Deviation $= i + r' - a$. Indefs wenn man eine solche Umkehrung vornimmt, für den Fall dafs i nicht r' gleich ist, so verändert sich Δ, wie klar aus obiger Formel hervorgeht. Ueberdiefs ist m und folglich m^2 gröfser als Eins, und daher wird das Product

Digitized by Google

$$(m^2 - \sin^2 i)(1 - \sin^2 r')$$

desto gröfser als i mehr r' übertrifft. Der Werth von Δ wird also gröfser als der, welcher aus der Hypothese $i < r'$ hervorgehen würde. Erwägt man nun, dafs die Annahme $i < r'$ nichts anders heifst, als die Voraussetzung machen, der einfallende Strahl neige gegen die Kante des Prismas, so wird man durch diesen allgemeinen Beweis einsehen, dafs der bereits über die Veränderlichkeit der Dispersion, für den Fall einer mehrmaligen Brechung des Lichts, aufgestellte Satz richtig ist.

Um uns von dem Gange des durch zwei Prismen gebrochenen Lichtes Rechenschaft zu geben, wollen wir voraussetzen, ein Strahl IS weifsen Lichts falle senkrecht



zur Fläche DE auf das Prisma DEF ein, PQ sey senkrecht auf EF gezogen, SR bezeichne die Richtung des gebrochenen rothen Strahls und SV die des violetten. Man nehme nun ein zweites Prisma, aus gleicher Sub-

Digitized by Google

stanz wie das erste verfertigt, und vom Winkel $A=E$; es sey so gestellt, dafs der rothe Strahl die Fläche AB rechtwinklich treffe. Dieser Strahl, nachdem er unter der Incidenz $SRY=PSI$ an der Fläche AC angelangt ist, wird nach RK gebrochen werden, parallel mit der ursprünglichen Richtung IS, weil der Winkel ISR dem Winkel SRK gleich seyn mufs. Diefs gilt aber nicht von dem violetten Strahl SV, weil er schief auf die Ebene AB stöfst. Er wird nach OV neigen, gegen das Perpendikel MN, um nach der Brechung an der zweiten Fläche AC in der Richtung VT fortzugehen, und sich also vom Perpendikel LZ zu entfernen.

Es bleibt nun noch zu sehen, welche Neigung der Strahl VT in Bezug auf RK annimmt, nachdem er die angezeigten Ablenkungen erlitten hat. Durch den Vergleich der rothen und violetten Strahlen erkennt man nun, ob die totale Refraction beider Prismen Null sey, wenn die Farben dispergiren oder nicht.

Um diesen Vergleich zu erleichtern, sey Winkel $PSI=SRY=i$, ferner $m-dm:1$ das Verhältnifs des Incidenzsinus zum Refractionssinus für das Roth, $m+dm:1$ dasselbe Verhältnifs für das Violett, Winkel $QSR=XRK=r$, und Winkel $QIV=v$. Dann hat man:

$$\sin i : \sin r :: 1 : m-dm,$$

woraus:

$$\sin r=(m-dm)\sin i \qquad (I)$$

Nennt man nun Δ den Winkel $MOS=OSR$ und Δ' den Winkel VON, so erhält man:

$$\sin \Delta : \sin \Delta' :: m+dm : 1,$$

und, wegen der Kleinheit der Winkel Δ und Δ':

$$\Delta : \Delta' :: m+dm : 1,$$

woraus:

$$\Delta'=\frac{\Delta}{m+dm}.$$

Setzt man aber $OVZ = i'$ und $LVT = v'$, so folgt:

$$i' = i - \Delta' = i - \frac{\Delta}{m+dm},$$

und überdiefs:

$$\sin\left(i - \frac{\Delta}{m+dm}\right) : \sin v' :: 1 : m+dm,$$

woraus folgt:

$$\sin v' = (m+dm)\sin\left(i - \frac{\Delta}{m+dm}\right) \quad \ldots \text{(II)}$$

Berechnet man nun die Winkel r und v', d. h. XRK und LVT mittelst der Formeln I und II, so wird man finden, dafs der erstere immer den letzteren übertrifft. Mithin fahren die violetten Strahlen keineswegs parallel den rothen aus, vielmehr wird eine Dispersion stattfinden, ohne dafs das Bild des leuchtenden Punkts, durch Vermittlung der rothen Strahlen gesehen, abgelenkt erscheint. Da der violette Strahl VT mehr als der rothe RK gegen die Kante A neigt, so wird die Dispersion beim ersten Prisma DEF stärker seyn. Diefs stimmt mit dem Versuch 8.

Um ein Beispiel zu geben, sey $i = 30°$ und jedes der Prismen von Flintglas. Für dieses Glas is $m = 1{,}580$, $dm = 0{,}015$, $\sin r = 1{,}565 . \sin 30°$ und $r = 51° \, 29'$, ferner $\sin i : \sin v :: 1 : m+dm$, d. h. $\sin v = (m+dm)\sin i = 1{,}595 \sin 30°$. Daraus hat man:

$$v = 52° \, 54'$$

also:

$$v - r = \Delta = 1° \, 25',$$

und ferner:

$$\sin v' = 1{,}595 . \sin\left(30° - \frac{1° \, 25'}{1{,}595}\right),$$

woraus:

$$v' = 50° \, 54'.$$

Der Dispersionswinkel $r - v'$, nach dem Durchgang durch die beiden Prismen, wird also 35′ seyn, ohne dafs das Bild von der Stelle geschoben ist.

Denkt man sich das Prisma *ABC* um seine Axe gedreht, bis die *AB* der Fläche *FE* parallel geworden, so ist leicht zu ersehen, dafs, bei einer solchen Stellung, die Strahlen *RS* und *SV* bei ihren Austritt aus der Fläche *AC* unter sich und mit dem Strahl *IS* parallel seyn müssen. Alsdann ist also die totale Refraction Null, wie die Dispersion.

Bemerken wir überdiefs, dafs in diesem Fall das Lichtbündel, welches auf die Fläche *AB* des zweiten Prismas einfällt, gegen die Basis *BC* neigt, während im vorgehenden Fall dasselbe Bündel gegen die Kante neigte. Daraus kann man folgern, dafs Theorie und Beobachtung übereinstimmend beweisen, dafs die Dispersion in einem zweiten Prisma gröfser sey, wenn der auf dasselbe fallende Strahl gegen die Basis neige, als im umgekehrten Fall. Allein um sich noch mehr von dieser Wahrheit zu überzeugen, braucht man nur zu erwägen, dafs man für ein einziges Prisma schon auf allgemeine Weise bewiesen hat, dafs die Dispersion desto gröfser ist, je mehr der einfallende Strahl gegen die Kante neigt. Allein diese Lage des einfallenden Strahls entspricht immer der des ausfahrenden, gegen die Basis geneigten Strahls. Wenn also ein Lichtstrahl, der durch Brechung in einem ersten Prisma zerlegt worden ist, durch ein zweites, gegen das erstere umgekehrt liegende Prisma geht, so wird er, vermöge des Satzes von der Wechselseitigkeit, im entgegengesetzten Sinne zerstreut, und zwar am leichtesten, wenn er die Vorderfläche des zweiten Prismas unter einer Neigung trifft, die ihn der Basis dieses Prismas näher bringt.

Offenbar ist nun die gewöhnliche Farbentheorie hinreichend, um mit der gröfsten Leichtigkeit zu erweisen, *dafs die achromatische Refraction durchaus nicht mehr als eine einzige brechende Substanz erfordert.* Indefs, obwohl diese Theorie, von Newton an bis auf unsere Tage, von so vielen grofsen Mathematikern und berühm-

Digitized by Google

ten Optikern cultivirt worden ist, so ist doch die von mir nachgewiesene Eigenschaft nicht bloſs unbekannt geblieben, ja sogar für unmöglich gehalten, wie sie es noch seyn würde, wenn mich nicht einige Versuche, die ich zu anderem Behufe anstellte, dieselbe hätten entdekken lassen. Es ist dieſs ein Beispiel mehr zu so vielen anderen, um zu zeigen, daſs in der Physik die Erfahrung sich nicht immer durch die Theorie entbehrlich machen lasse, um alle die eine Erscheinung begleitenden Umstände zu entschleiern [1]).

VII. *Ueber die Theorie des Siedens*

(Aus einem Schreiben des Hrn. Directors Prechtl.)

Wien, 31. Juli 1835.

— Zu meinen Bemerkungen über die Temperatur des Dampfes beim Sieden von Salzauflösungen, welche in dem 5. Hefte Ihrer Annalen enthalten sind, haben E. W. in einer Note den Ausspruch hinzugefügt, daſs sich die dort aufgestellten mit der Erfahrung übereinstimmenden Sätze keineswegs, wie ich glaube, aus der bisherigen Theorie der Dampfbildung herleiten lassen, welche vielmehr fordere, daſs, wenn eine Auflösung bei 150° C. siede,

1) Hr. Amici thut hier offenbar den Dioptrikern Unrecht; die Farbenaufhebung mittelst zweier oder mehrer Linsen aus Einem Glase ist keineswegs von ihnen ganz unbeachtet und unbenutzt geblieben; nur haben sie dieselbe auf die Construction der zusammengesetzten Oculare eingeschränkt, für welche sie, wie es scheint, zuerst von Boscovich (durch die Huyghens'schen Doppel-Oculare darauf aufmerksam gemacht) nachgewiesen ist, und, seit Dollond, Ramsden, Fraunhofer von allen heutigen Künstlern angewandt wird. (Am vollständigsten findet man den Gegenstand in Littrow's Dioptrik erörtert.) Dennoch dürfte der Aufsatz des Hrn. Amici nicht ohne Nutzen seyn.

P.

auch der aus ihr entwickelte Wasserdampf, der sich in einer Blase etc. über derselben befinden soll, die Temperatur von 150° bei 28″ haben müsse. Erlauben Sie mir zu bemerken, dafs dieser Satz der Natur der Sache nach nur für jene Flüssigkeiten richtig sey und seyn könne, deren Dämpfe bei ihrer Condensirung wieder zu derselben Flüssigkeit werden, z. B. Wasser, Terpenthinöl etc., keineswegs aber für solche Flüssigkeiten, aus denen die entwickelten Dämpfe nur einen Theil der vorigen Zusammensetzung bilden. Diese Dämpfe werden sich durchaus rücksichtlich ihrer Temperatur so verhalten müssen, als wären sie bei 28″ aus ihrer eignen Flüssigkeit entstanden, in welche sie durch Condensirung übergehen. Denn es ist eine wesentliche, durch die Erfahrung vollkommen bestätigte Eigenschaft der Dämpfe, dafs, wenn sie in ihrem Maximum der Dichtigkeit und der dazu gehörigen Temperatur in einen Raum ausströmen, in welchem sie eine, proportional dem Drucke, gröfsere Ausdehnung anzunehmen fähig sind, die Verminderung ihrer Elasticität und Temperatur in der Art erfolgt, dafs die Temperatur des ausgedehnten Dampfes diejenige ist, welche der Elasticität dieses Dampfes im Maximo der Dichtigkeit entspricht. Strömt z. B. 1 K. F. Dampf von 28″ und 100° C. in ein Gefäfs von 9 K. F. aus, ohne dafs Wärme nach aufsen entweicht, so wird die Elasticität des Dampfes nach der Ueberströmung $=\frac{28}{10}''=2'',8$, folglich nach den Tafeln seine Temperatur $=46\frac{1}{2}{}^{\circ}$, und dieser Dampf befindet sich gleichfalls im Maximo seiner Dichtigkeit. Wenn also aus einer bei 28″ siedenden Salzauflösung reiner Wasserdampf entweicht, und sich augenblicklich in einer Blase aufhält, so hat dieser Dampf, die Temperatur des vorher in der Auflösung gebundenen Wassers mag auch noch so hoch gewesen seyn, doch nur bei dem Drucke von 28″ die Temperatur von 100° C., weil der Dampf, er mag bei seiner Trennung von dem Salze auch noch so dicht gewesen seyn, doch in

dem Augenblicke, als er in die Gegenwirkung des Luftdruckes tritt, sich so ausdehnt, dafs er bei 28" die Temperatur von 100° C. annimmt, eben so als wenn er aus reinem Wasser entstanden wäre. Bleibt die Blase längere Zeit über der Kochsalzlösung stehen, so ist es wohl möglich, dafs der Dampf in derselben sich in Folge der Wärmeleitung bis auf 150° C. erhitzt und ausdehnt; allein dieses ist eine Wirkung anderer Art, die nicht hieher gehört. Es ist demnach, wie ich gesagt habe, hier allerdings der ähnliche Fall vorhanden, als wenn Dampf von höherer Spannung in die Atmosphäre ausströmt, oder noch übereinstimmender ist der Fall, wenn in einem verschlossenen ganz angefüllten Gefäfse Wasser auf 150° oder 200° C. erhitzt, und dann eine Ausströmung durch eine kleine Oeffnung bewirkt wird; in dem Augenblick, als der dichtere Dampf oder das heifse Wasser in Reaction mit der Atmosphäre tritt, nimmt der Dampf, indem er ausströmt, die Temperatur von 100° bei 28" an. Bei den Hydraten ist derselbe Vorgang, z. B. bei der Entwässerung der Schwefelsäure.

Uebrigens ist, so viel ich einzusehen vermag, die richtige Theorie der Dampfbildung, wie sie der Erfahrung entspricht, im Wesentlichen wohl nur folgende:

1) Nehmen wir Wasserdampf von 0° C., welchem ein Druck von 0",132 zugehört, und wovon Ein Pfund 4785,6 K.F. enthält (nach der in dem Artikel, Dampf, meiner technologischen Encyclopädie mitgetheilten Tafel), und stellen uns denselben in einem Raum von 73,14 K.F. zusammengeprefst vor, in der Art, dafs von der durch die Zusammendrückung entwickelten Wärme nichts nach aufsen verloren gehen kann, so erhält dieser Dampf (den Versuchen gemäfs) eine Elasticität von 11",05 bei einer Temperatur von 75° C. Diese Elasticität mufs als entstanden betrachtet werden: *a*) durch die Zusammendrükkung der 4785,6 K.F. in den Raum von 73,14 K.F.; die auf diese Art nach dem Mariotte'schen Gesetze

Digitized by Google

entstehende Elasticität ist

$$=\frac{4785{,}6\times 0{,}132}{73{,}14}=8'',63.$$

b) Durch die Ausdehnung oder vermehrte Elasticität dieser zusammengedrückten Dampfmasse mittelst der Wärme, welche durch die Zusammendrückung (wie bei allen gasartigen Flüssigkeiten) frei geworden ist, und welche die sensible Wärme des Dampfes ausmacht, die zu seinem Bestehen bei dieser Temperatur und Dichtigkeit nothwendig ist. Diese Elasticität ist, wenn die Ausdehnung, wie bei den Gasarten, für 1° C. $=0{,}00375$ beträgt, $=8'',63\times 75^\circ\times 0{,}00375=2'',42$; folglich ist die ganze Elasticität $=8'',63+2'',42=11'',05$. Allgemeiner ausgedrückt sey: die Gröfse der Zusammendrückung des Dampfes bei einer bestimmten Temperatur, um 1° Wärme zu entbinden $=\Delta$, die constante Gröfse der Ausdehnung durch 1° Wärme $=n$, die Elasticität des Wasserdampfes bei 0° $=a$, die Elasticität des Dampfes bei der Temperatur $t=e$, so ist:

$$e=a(1+\Delta t+nt).$$

Die Gröfse von Δ wächst mit der Temperatur, d. i. je gröfser die Temperatur oder Elasticität des Dampfes (im Maximo der Dichtigkeit) wird, desto gröfser wird die Zahl, welche anzeigt, um wie viel dieser Dampf zusammengedrückt werden müsse, um 1° Wärme zu entbinden. Drückt man mit Beifügung der Constanten aus den Versuchen den Werth von Δ in einer Function von t aus, so enthält die obige Formel das physikalische Gesetz für die Elasticität des Dampfes.

2) Die Elasticität des Dampfes (im Maximo der Dichtigkeit) hängt also nur allein von seiner Temperatur ab. Die Gröfse Δt bestimmt das Verhältnifs seiner Dichtigkeit, und nt bezeichnet die vermöge der aus der Verdichtung entstandenen Wärme bewirkte Elasticitätsvermehrung.

3) Die Elasticität des Dampfes wächst daher mit der

Temperatur in einem stärkeren Verhältnifs als die Dichtigkeit, und zwar im Verhältnisse der Gröfse nt.

4) Dasselbe Gewicht Dampf enthält also für irgend eine Temperatur oder Dichtigkeit dieselbe Menge Wärme; blofs das Verhältnifs der Werthe von Δt und nt ändert sich. Bei dem dichteren Dampf ist eine gröfsere Menge der ursprünglichen Wärme ausgeprefst oder sensibel, daher die latente Wärme geringer, bei dem dünneren Dampf findet das Umgekehrte statt. Die Summe beider ist sich bei allen Temperaturen gleich.

5) Das Verhalten in 1) gründet sich auf die Voraussetzung, dafs bei der Ausdehnung oder Verdichtung der Dämpfe keine Wärme entweiche. In diesem Falle lassen sie sich beliebig ausdehnen und zusammendrücken, ohne dafs eine Condensirung erfolgt; weil im letzten Falle die Zusammendrückung dem Dampfe die sensible Wärme verschafft, die zu seinem Bestehen nöthig ist. Kann dagegen Wärme in die Umgebung entweichen, so erfolgt die Condensirung so lange, bis die Temperatur des Dampfes mit jener der Umgebung in's Gleichgewicht gekommen ist, oder die Wärmeableitung aufhört, wo sodann Dampf von der zuletzt vorhandenen Temperatur zurückbleibt. Durch das Zusammendrücken condensirt sich der Dampf also nur dann, wenn durch die Verdichtung entbundene Wärme in die Umgebung übergehen kann.

6) Die Temperatur, mit welcher sich die Dämpfe aus einer homogenen, ohne Rückstand verdampfenden Flüssigkeit entwickeln, ist der Temperatur dieser selbst gleich, und ihre Elasticität dieser Temperatur entsprechend. Uebertrifft diese Elasticität den äufseren Luft- oder Dampfdruck, so erfolgt das Sieden. Ist die Temperatur unter dem Siedepunkte, so verbreitet sich der Dampf mit der dieser Temperatur zugehörigen Elasticität durch die Luft, wenn diese noch keinen Dampf derselben Art enthält, wie durch einen leeren Raum; enthält

hält sie bereits Dampf derselben Art, so kann die Dampfentwickelung (Verdunstung) nur bei einer Temperatur oder Elasticität stattfinden, welche jene des über der Flüssigkeit liegenden oder in der Luft verbreiteten gleichartigen Dampfes übertrifft. Die Elasticität der mit dem neuen Dampfe gemischten Gas- oder Dampfarten ist dann die Summe der Elasticitäten der einzelnen Gas- oder Dampfarten, aus den das Gemisch besteht. (Dalton.)

7) Beim Sieden einer zusammengesetzten Flüssigkeit, als einer Salzauflösung, haben die sich entbindenden Wasserdämpfe dieselbe Elasticität und Temperatur, wie aus siedendem Wasser, unter demselben äufseren Drucke, indem diese Temperatur von dem Siedepunkte der Flüssigkeit unabhängig und nur von dem äufseren Drucke abhängig ist, wie bereits oben gezeigt worden. Bei der Verdunstung unterhalb des Siedepunkts liegt die Temperatur der Dämpfe um so viel unter der Temperatur der Flüssigkeit als der Siedepunkt des Wassers unter dem Siedepunkte der Salzauflösung; die Temperatur der Dämpfe ist hier also von dem Siedepunkte der Auflösung abhängig.

8) Aus der Betrachtung der obigen Formel ergiebt sich, dafs dieselbe, wenn für a der gehörige Werth substituirt wird, für Dämpfe verschiedener Art gültig sey, vorausgesetzt, dafs die, bestimmten Temperaturen zugehörigen, Werthe von Δ für diese verschiedenen Dämpfe gleich seyen. Dieses ist die Dalton'sche Regel, dafs für gleiche Temperaturen über oder unter dem Siedepunkte den Dämpfen aller Flüssigkeiten gleiche Elasticitäten zugehören. Man sieht hieraus, bis zu welchem Grade sie richtig oder genau seyn könne. Für die Dämpfe einiger Flüssigkeiten mögen die Werthe von Δ wenig verschieden ausfallen, und für diese wird die Regel passen, wie ich bereits in meinem vorigen Schreiben gezeigt habe; dafs aber diese Werthe für die Dämpfe aller homogenen Flüssigkeiten mit hinreichender Genauigkeit

dieselben seyen, läfst sich nicht behaupten, vielmehr bezweifeln, da die chemische Constitution der Dämpfe hier in's Spiel zu treten scheint.

9) Dafs die Dämpfe durch Wärme sich auf *dieselbe* Art wie Gasarten ausdehnen, oder bei bleibendem Umfange ihre Elasticität vermehren, ist gleichfalls in obiger Formel enthalten. Aufserhalb der Berührung mit ihrer Flüssigkeit dehnen sich die Dämpfe durch Wärme bis zu jedem Grade aus; indem sie in dem Maafs ihre Dichtigkeit vermindern. In diesem ausgedehnten oder verdünnten Zustande verhalten sich die Dämpfe bis zu der Gränze ihrer gröfsten Dichtigkeit, von welcher an sie ausgedehnt wurden, wie die Gasarten, indem sie sich nach demselben Gesetze durch Wärme ausdehnen, durch Kälte zusammenziehen, und ihre Elasticität nach demselben Gesetze durch Zusammendrückung vermehren. Hieraus folgt, dafs die Gasarten nichts anders seyen als Dämpfe, welche solchen tropfbaren Flüssigkeiten zugehören, deren Siedepunkt (unter dem atmosphärischen Drucke) mehr oder weniger bedeutend tiefer liegt als die gewöhnlichen oder künstlicher Weise hervorzubringenden Kältegrade, oder mit anderen Worten, die Gasarten sind bei relativ hohen Temperaturen expandirte Dämpfe. Z. B. das schwefligsaure Gas zu einer Flüssigkeit condensirt, übt, den Versuchen zufolge, bei 15° C. einen Druck von etwa 3 Atmosphären aus. Diese Elasticität haben die Wasserdämpfe bei einer Temperatur von 135°; für denselben Druck beträgt also die Temperaturdifferenz =120°; folglich fällt, nach dem Dalton'schen Gesetze, der Siedepunkt der flüssigen schwefligen Säure bei 28″ auf 120° C. unter dem Siedepunkte des Wassers oder auf —20°. Auf dieselbe Art ergiebt sich der Siedepunkt des Ammoniaks auf —53°,5, jener der flüssigen Kohlensäure auf —145° [1]). Der Dampf der Kohlensäure unserer Atmosphäre bei 10° C. befindet sich also in demselben ex-

1) Vergl. Dove in d. Ann. Bd. XXIII S. 290. *P.*

Digitized by Google

pandirten Zustande als Wasserdampf von 100° bei einer Temperatur von 250° ausgedehnt [1]).

Nachschrift des Herausgebers.

Ich habe die vorstehende Erwiederung des hochgeschätzten Hrn. Verfassers mit all der ihr gebührenden Aufmerksamkeit gelesen, und eben so das frühere Schreiben desselben nochmals sorgfältig durchgesehen, muſs aber dennoch bekennen, daſs ich nach der reiflichsten Ueberlegung meine ursprüngliche Ansicht über den in Frage stehenden Gegenstand nicht abzuändern vermag. Auch jetzt kann ich mich nämlich nicht überzeugen, daſs man die von Hrn. Rudberg beobachtete Thatsache hätte consequenterweise aus der bisherigen Theorie der Dampfbildung herleiten können, noch, daſs die Nothwendigkeit derselben von dem geehrten Hrn. Verfasser nachgewiesen worden wäre. Wohl aber gebe ich zu, daſs sich diese Thatsache, jetzt nachdem sie gehörig festgestellt worden ist, durch eine geringe Modification der bisherigen Theorie genügend erklären lasse; allein dieſs zu behaupten, war bei der früheren Bemerkung meine Absicht nicht.

Wenn ich die mir vom geehrten Hrn. Verfasser gemachten Einwürfe recht verstehe, so scheint dessen Meinung zu seyn (ich sage scheint, denn bestimmt finde ich sie nirgends ausgesprochen), daſs die Blasen, welche sich im Innern einer siedenden Salzlösung bilden, *gesättigten* Wasserdampf enthalten, d. h. wenn die Salzlösung bei 150° C. siedet, Dampf, welcher die Temperatur 150° C. und die seinem Maximo, falls er aus reinem Wasser gebildet worden wäre, entsprechende Spannkraft von nahe

1) Schlieſslich erlaube ich mir zu bemerken, daſs in der im 5ten Hefte Ihrer Annalen, S. 201, befindlichen Tafel in der ersten Columne »*bei* 0° R.« statt »0° R. und in der zweiten »*proc.*« statt »p. Z.« steht.

Digitized by Google

4,5 Atmosphären (nach Dulong's Versuchen) besitzt, — dafs dann diese Blasen beim Emporsteigen sich ausdehnen, und dadurch, nachdem sie an der Oberfläche angelangt sind, auf die Spannkraft von Einer Atmosphäre, und dem zufolge (gemäfs dem Satz, dafs die Wärmemenge einer Dampfmasse in jedem ihrer Sättigungszustände gleich sey) auch auf die Temperatur 100° C. zurückkommen, ohne dafs bei dem sehr raschen Durchgang der Blasen durch die Flüssigkeit und dem sogleich darauf erfolgenden Platzen derselben eine fernere Erwärmung des Dampfs von Seiten der Flüssigkeit möglich sey.

Wenn diefs wirklich die Meinung des geehrten Hrn. Verfassers seyn sollte, wie ich fast glaube, so bin ich in Betreff der Erklärung des Phänomens völlig mit ihm einverstanden. Ich wenigstens wüfste nicht, wie man sich auf andere Weise genügende Rechenschaft von demselben zu geben vermöchte [1]).

Allein keineswegs kann ich die Ansicht theilen, dafs die eben aufgestellte Erklärung mit Nothwendigkeit aus der bisherigen Theorie hervorgehe. Denn diese Erklärung bedarf ganz unumgänglich des Satzes, dafs sich im Innern einer siedenden Salzlösung gesättigter Wasserdampf bilde, und ob diefs der Fall sey oder nicht, hat man vor Hrn. Rudberg's Entdeckung nicht mit Sicher-

1) Wenn es nöthig seyn sollte diese Erklärung mit einem experimentellen Beweis zu belegen, so könnte derselbe auf ähnliche Weise geführt werden, wie man wohl in Vorlesungen den Procefs des Wassersiedens erläutert. Man müfste nämlich in eine nahe bis zu ihrem Siedpunkt (von z. B. 150° C.) erhitzte Salzlösung von aufsen her Wasserdampf von 150° und successiv verschiedenem Sättigungsgrade (z. B. von 1, 2, 3, 4 und 4,5 Atmospären Spannkraft) durch eine Röhre einströmen lassen; man würde dann finden, dafs der zur Salzlösung austretende Dampf eine desto niedere Temperatur besitzt, je höher die Spannkraft des einströmenden war. Nur bei völliger Sättigung des einströmenden Dampfs (wenn er also 150° C. und 4,5 Atmosphären Spannkraft besäfse) würde der austretende die Temperatur 100° zeigen.

heit entscheiden können. Jener Satz kann meines Erachtens consequenterweise nicht aus allgemeinen Principien hergeleitet werden, ist es mindestens bisher nicht, und wird auch eben so wenig durch eine frühere Erfahrung gerechtfertigt. Und doch hätte seine Richtigkeit zuvor erwiesen seyn müssen, ehe man im Stande war, die von Hrn. Rudberg entdeckte Thatsache mit Grund und Zuverlässigkeit vorauszusagen. Alle bis jetzt bekannten Erfahrungen über die Einwirkung nicht siedender Salzlösungen auf eingeschlossenen Wasserdampf sprachen für die entgegengesetzte Voraussetzung, dafs beim Sieden solcher Lösungen *nichtgesättigter* Wasserdampf gebildet werde, und auf diese Voraussetzung gründen sich denn auch, meistens stillschweigend, die seither über das Sieden der Salzlösungen aufgestellten Theorien, die eben deshalb keine Erklärung der neuen Erscheinung zu liefern vermögen [1]).

Erst und alleinig durch die von Hrn. Rudberg entdeckte und sorgfältig untersuchte Thatsache ist die Unrichtigkeit dieser letzteren Voraussetzung nachgewiesen worden, und zugleich haben wir dadurch gelernt, dafs zwischen der vollendeten Einwirkung nichtsiedender Salzlösungen auf eingeschlossenen Wasserdampf, als einem statischen Zustand, und dem Procefs des Siedens solcher Lösungen, als einem dynamischen Vorgang, ein wesentlicher Unterschied bestehe, aller Wahrscheinlichkeit nach dadurch hervorgerufen, dafs bei dem Sieden, in Folge der steten und raschen Fortführung und Erneuung des Wasserdampfs, einerseits die Salzlösung an der Ausübung ihrer Anziehung auf den in den Bläschen enthaltenen Dampf verhindert ist, und andererseits auch das Gleichgewicht der Temperatur nicht einzutreten vermag. Verschlösse man ein Gefäfs, in welchem eine bei 150° C. siedende Salzlösung enthalten wäre, ohne ihr von nun

1) Es war auch im Sinne dieser Theorien gemeint, wenn ich früher sagte, dafs das vom Dampfkessel entlehnte Beispiel nicht passe.

an neue Wärme zuzuführen, so würde offenbar augenblicklich oder nach sehr kurzer Zeit der statische Zustand eintreten, nämlich das Sieden aufhören, und der Wasserdampf die Temperatur 150° C. annehmen, zugleich aber auch durch Einwirkung der Lösung so viel an Dichtigkeit verlieren, dafs seine Spannkraft der der Atmosphäre gleich bliebe.

VIII. *Oerstedit, ein neues Mineral.*

Forchhammer hat ein neues Mineral entdeckt, und ihm, nach dem berühmten Oersted, den obigen Namen gegeben. Es kommt zu Arendal vor, gewöhnlich auf Augitkrystallen sitzend, ist braun, glänzend und von sehr zusammengesetzter, dem Pyramidalsystem angehöriger Form. Die Polwinkel der ersten Pyramide sind 123° 16′ 30″. Aufserdem kommen zwei spitzere Quadratoctaëder in derselben Stellung vor, beide quadratische Prismen und eine achtseitige Pyramide mit ungleichen Winkeln. Es hat also in der Form etwas Aehnlichkeit mit dem Zirkon, dessen Winkel 123° 19′ ist. Specif. Gewicht 3,629. Härte zwischen Feldspath und Apatit, wird vom Messer geritzt. Es besteht zu $\frac{1}{3}$ aus

$$(f,\ C,\ M)\,S^2 + 3\,Aq$$

und zu $\frac{2}{3}$ aus Titansäure und Zirkonerde. Die Analyse gab 19,708 Kieselerde, 2,612 Kalk, 2,047 Talkerde, etwas manganhaltig, 1,136 Eisenoxydul, 68,965 Titansäure und Zirkonerde (nicht mit Sicherheit zu trennen) und 5,532 Wasser. (Berzelius, Jahresb. N. 15 S. 209.)

Berichtigung. S. 598 Z. 6 v. u. statt Breite lies Brennweite.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin.

Digitized by Google

Meteorologische Beobachtungen, angestellt in Berlin. — Mai 1835.

Tag.	Barometer bei 0° R.			Thermograph.		Thermometer R.			Wind.			Wetter.		
	9 U	12 U.	3 U.	Min.	Max.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.
1														
2														
3														
4	34,63	34,53	34,92			+ 12,5	+ 14,6	+ 15,8	NW.	NW.	NW.	v.	w.	w.
5	35,88	36,07	34,98			+ 9,2	+ 10,0	+ 10,8	W.	NW.	W.	ht.	w.	v.
6	37,16	37,17	35,69			+ 7,7	+ 9,5	+ 10,5	W.	W	NW.	bd.	v.	ht.
7	35,39	35,58	35,64			+ 10,5	+ 13,8	+ 11,3	SO.	SO.	NW.	bd.	bd.	bd. r.
8	37,14	37,12	37,09			+ 10,3	+ 12,5	+ 12,5	W.	WNW.	NW.	bd.	bd.	v.
9	37,27	37,03	36,82			+ 11,9	+ 13,5	+ 14,5	NW.	WNW.	NW.	v.	v.	bd.
10	35,63	35,32	34,89			+ 14,8	+ 16,9	+ 16,6	S.	WSW.	SW.	v.	ht.	v.
11	34,97	34,56	34,68			+ 13,1	+ 14,2	+ 10,9	SW.	WSW.	SW.	ht.	ht.	ht.
12	34,13	33,44	32,54			+ 11,0	+ 9,6	+ 10,5	SW.	SW.	SW.	v.	bd. r.	bd.
13	30,99	30,64	30,34			+ 10,4	+ 10,7	+ 9,6	SW.	WSW.	NW.	ht.	bd.	bd.
14	30,55	30,58	30,61			+ 6,0	+ 8,0	+ 8,3	W.	W.	NW.	bd.	bd.	bd.
15	33,60	34,09	34,53			+ 6,8	+ 7,3	+ 8,6	W.	W.	W.	bd.	bd.	v.
16	35,92	35,51	35,42	+ 3,8	+ 13,8	+ 9,8	+ 12,6	+ 13,3	SO.	O.	SO.	ht. ht.	ht. ht.	v.
17	37,60	37,62	37,62	+ 8,6	+ 15,2	+ 11,3	+ 13,7	+ 15,1	W.	WNW.	NW.	ht.	ht.	ht.
18	38,33	38,13	37,74	+ 5,6	+ 14,2	+ 11,6	+ 13,5	+ 14,1	O.	NO.	NO.	ht. ht.	ht.	ht.
19	37,95	37,56	37,02	+ 4,0	+ 11,5	+ 7,8	+ 9,3	+ 11,3	O.	SO.	ONO.	ht.	ht.	ht.
20	37,73	37,46	37,41	+ 4,7	+ 13,6	+ 9,6	+ 12,4	+ 13,4	OSO.	OSO.	O.	ht. ht.	ht. ht.	ht.

Digitized by Google

(Mai 1835.)

Tag.	Barometer bei 0° R.			Thermograph.		Thermometer R.			Wind.			Wetter.		
	9 U.	12 U.	3 U.	Min.	Max.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.
21	38,37	38,13	37,72	+ 5,3	+16,7	+11,6	+14,8	+15,5	SO.	SO.	SO.	ht.	ht. ht.	ht.
22	35,32	35,26	35,10	+ 5,0	+14,3	+13,6	+11,8	+11,2	NW.	NW.	WSW.	v.	bd. r.	bd.
23	34,63	34,95	35,52	+ 8,6	+ 9,6	+10,5	+ 9,5	+ 9,3	WSW.	NW.	W.	bd.	bd.	bd.
24	37,84	37,45	37,46	+ 5,9	+13,3	+ 8,3	+11,3	+13,2	W.	W.	W.	bd.	bd.	v.
25	35,46	34,71	33,98	+ 8,0	+17,7	+13,3	+16,3	+17,3	SSW.	SW.	SW.	ht.	ht.	ht.
26	32,67	32,68	32,75	+ 8,9	+13,0	+10,3	+12,3	+11,7	W.	WSW.	WSW.	v.	v.	v.
27	31,54	32,43	33,98	+ 9,0	+13,7	+11,3	+12,3	+13,7	W.	WSW.	W.	bd.	bd.	v.
28	36,46	36,49	36,47	+ 8,3	+16,1	+12,8	+14,7	+15,5	NNW.	NO.	SO.	ht.	v.	l. bd.
29	35,48	35,02	34,46	+10,2	+17,3	+13,3	+15,7	+15,1	NO.	NO.	NO.	v.	v.	v.
30	33,14	33,11	33,01	+ 9,0	+10,9	+ 9,5	+10,8	+10,2	NW.	NW.	NW.	bd.	bd.	bd.
31	33,80	34,09	34,55	+ 9,1	+12,9	+10,8	+12,7	+11,2	W.	W.	W.	bd.	bd.	bd.
	36,16	36,12	35,72			+11,00	+12,97	+13,14	Mittel vom 1 bis 10					
	35,18	34,96	34,79			+ 9,74	+11,13	+11,51	- - 11 - 20					
	34,97	34,94	35,00	+ 7,94	+14,14	+11,40	+12,93	+13,08	- - 21 - 31					
	35,34	35,24	35,11			+10,70	+12,30	+12,54	- - 1 - 31					

Erläuterungen. ht. ht. = ganz heiter; ht. = heiter; w. = wolkig; v. = vermischt; bd. = bedeckt; t. = trübe; n. = neblig; N. = Nebel; r. = regnigt; R. = Regen; Sn. = Schnee; Rf. = Reif; St. = Sturm; st. = stürmisch; G. = Gewitter; Gw. = Gewitterwolken; H. = Hagel. — Höhe des Barometers über dem Strafsenpflaster = 16,5 Par. Fufs. — Angabe seines Standes, der Ueberschufs über 300 Par. Lin.

Meteorologische Beobachtungen, angestellt in Berlin. — Juni 1835.

Tag.	Barometer bei 0° R.			Thermograph.		Thermometer R.			Wind.			Wetter.		
	9 U.	12 U.	3 U.	Min.	Max.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U
1	36,45	36,60	36,87	+ 8,6	+11,0	+11,0	+ 9,5	+ 9,5	W.	NW.	NW.	bd.	bd. r.	bd. r.
2	37,94	38,02	38,28	+ 7,7	+15,3	+12,2	+14,0	+15,3	NW.	W.	NW.	ht.	ht.	v.
3	38,54	38,24	37,77	+ 8,5	+17,9	+14,6	+16,3	+17,4	NO.	NO.	SO.	ht.	bd.	ht.
4	36,99	36,73	36,56	+10,5	+20,8	+16,4	+20,1	+20,0	SO.	SO.	SO.	ht. ht.	ht.	ht.
5	37,56	37,37	37,22	+11,6	+20,0	+17,3	+19,1	+19,7	O.	O.	O.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
6	39,24	39,16	39,08	+12,2	+21,7	+17,8	+20,2	+20,7	O.	ONO.	ONO.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
7	40,11	39,92	39,62	+13,6	+22,2	+19,0	+20,7	+21,2	OSO.	SO.	SO.	ht. ht.	bw.	ht.
8	39,54	39,11	38,90	+14,7	+22,3	+19,3	+21,6	+21,5	O.	SO.	SO.	ht. ht.	ht.	ht.
9	38,95	38,61	38,50	+13,2	+21,7	+19,5	+21,5	+21,3	O.	NO.	N.	ht. ht.	ht. ht.	w.
10	40,29	40,44	40,27	+12,0	+20,0	+18,5	+20,0	+20,6	O.	O.	O.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
11	41,18	41,01	40,70	+13,5	+21,6	+19,1	+21,2	+21,6	S.	S.	S.	ht. ht.	bw.	w.
12	39,99	39,51	39,02	+13,9	+21,5	+20,1	+21,2	+21,3	NW.	N.	SO.	ht. ht.	w.	ht.
13	37,87	37,46	37,31	+12,5	+21,6	+18,9	+21,2	+17,2	N.	NO.	W.	ht. ht.	ht.	bd.
14	37,11	37,08	36,45	+ 9,4	+19,6	+14,8	+17,3	+18,8	NO.	NNW.	NW.	ht. ht.	ht.	Gw.
15	36,81	36,76	36,61	+ 9,0	+16,5	+12,7	+14,7	+15,8	WSW.	W.	NW.	bd.	ht.	ht.
16	37,68	37,95	37,69	+ 8,9	+17,0	+12,5	+14,5	+15,5	NO.	NNW.	NO.	bd.	ht.	bd.
17	37,50	37,42	36,95	+11,5	+18,1	+16,1	+16,4	+17,8	SW.	SSW.	S.	ht.	w.	v.
18	36,56	36,24	36,01	+11,4	+18,4	+16,2	+17,8	+16,3	SW.	WNW.	N.	r.	bw.	bw. r.
19	36,86	34,92	35,38	+11,9	+15,5	+12,5	+14,7	+13,0	NW.	WSW.	NNW.	bw.	ht.	ht.
20	36,51	37,26	36,10	+ 5,5	+13,6	+10,2	+13,0	+12,3	WSW.	NW.	NW.	w.	v.	v.

Digitized by Google

(Juni 1835.)

Tag.	Barometer bei 0° R.			Thermograph.		Thermometer R.			Wind.			Wetter.		
	9 U.	12 U.	3 U.	Min.	Max.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.
21	34,87	35,28	35,34	+ 8,3	+15,4	+11,6	+13,2	+12,2	W.	NW.	NW.	bd.	w.	w.
22	34,95	34,76	34,57	+ 8,4	+21,0	+15,7	+18,8	+19,5	SW.	SW.	SW.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
23	34,43	33,90	33,51	+11,4	+22,0	+17,3	+20,1	+21,1	SW.	SW.	SW.	ht. ht.	ht. ht.	v.
24	33,43	33,61	33,24	+11,4	+17,6	+13,6	+16,4	+16,5	NW.	WNW.	NW.	v.	bd.	bd.
25	31,12	31,26	33,32	+10,9	+17,8	+13,3	+15,3	+16,1	SSW.	SW.	SW.	bd.	bd.	bd.
26	32,17	32,33	32,78	+ 9,4	+14,5	+12,5	+14,5	+14,0	S.	SW.	SW.	ht.	ht.	bd.
27	34,23	34,05	33,81	+ 6,0	+16,8	+13,3	+15,6	+15,3	SW.	SW.	SSO.	ht.	ht.	bd.
28	35,98	36,38	36,73	+ 7,3	+15,6	+ 8,4	+14,2	+14,9	SW.	WSW.	W.	bd.	v.	v.
29	36,88	37,64	37,47	+ 7,9	+13,9	+12,0	+13,3	+18,4	W.	NW	NW.	ht.	bd.	v.
30	36,73	36,68	36,33	+ 8,6	+12,9	+12,4	+12,5	+10,7	NW.	N.	NW.	bd.	bd. r.	bd. r.
	38,56	38,42	38,31	+11,26	+19,29	+16,56	+18,30	+18,72	Mittel vom 1 bis 10					
	37,81	37,56	37,22	+10,75	+18,34	+15,31	+17,20	+16,96	- - 11 - 20					
	34,48	34,60	34,71	+ 8,96	+16,75	+13,01	+15,39	+15,37	- - 21 - 30					
	36,95	36,86	36,75	+10,32	+18,13	+14,96	+16,96	+17,02	- - 1 - 30					

Erläuterungen. ht. ht. = ganz heiter; ht. = heiter; w. = wolkig; v. = vermischt; bd. = bedeckt; t. = trübe; n. = neblig; N. = Nebel; r. = regnigt; R. = Regen; Sn. = Schnee; Rf. = Reif; St. = Sturm; st. = stürmisch; G. = Gewitter; Gw. = Gewitterwolken; H. = Hagel. — Höhe des Barometers über dem Strafsenpflaster = 16,5 Par. Fufs. — Angabe seines Standes, der Ueberschufs über 300 Par. Lin.

Meteorologische Beobachtungen, angestellt in Berlin. — Juli 1835.

Tag.	Barometer bei 0° R.			Thermograph.		Thermometer R.			Wind.			Wetter.		
	9 U	12 U.	3 U.	Min.	Max.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.
1	35,78	36,13	36,59	+ 9,6	+13,5	+12,1	+13,1	+13,4	N.	SW.	WSW.	bd.	bd.	bd.
2	38,70	38,53	38,51	+10,8	+15,4	+12,4	+12,7	+13,8	WSW.	WSW.	NW.	bd.	bd.	bd.
3	38,57	38,42	38,15	+ 9,7	+16,9	+14,7	+16,2	+16,8	NW.	N.	O.	l. bd.	ht.	ht.
4	36,97	36,59	36,21	+12,4	+23,2	+17,5	+22,4	+22,5	SO.		SW.	ht.	ht.	ht.
5		36,85	36,45		+20,9	+	+20,7	+20,8	SO.	S.	S.	ht.	ht.	ht.
6	36,03	36,41	36,66	+14,3	+22,0	+18,1	+20,8	+21,0	SW.	NW.	NW.	v.	v.	ht.
7	38,24	38,04	37,67	+13,0	+18,7	+16,2	+17,2	+17,8	O.	NO.	ONO.	bd.	v.	v.
8	37,13	37,15	36,71	+12,3	+17,5	+15,3	+14,9	+17,5	O.	SO.	SO.	bd.	v.	ht.
9	37,33	37,27	37,09	+12,4	+19,0	+15,5	+16,6	+18,3	NW.	NW.	NW.	v.	v.	ht.
10	35,29	34,64	34,40	+13,3	+23,7	+17,7	+20,7	+23,7	S.	SSO.	SSW.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
11	35,98	36,31	38,07	+13,1	+17,6	+14,8	+16,1	+17,2	W.	W.	W.	bd.	bd.	ht.
12	38,05	37,64	37,34	+ 9,2	+17,9	+14,3	+17,2	+17,6	SW.	SW.	SW.	ht. ht.	w.	ht.
13	35,22	34,55	33,84	+12,6	+20,9	+17,0	+20,0	+20,3	S.	S.	SW.	ht. ht.	ht.	ht.
14	33,94	34,02	34,09	+10,1	+14,1	+12,0	+10,5	+13,3	W.	W.	NW.	bd.	bd. R.	v.
15	35,63	35,88	35,83	+ 9,4	+15,5	+11,8	+11,7	+15,3	W.	NW.	SW.	bw.	bd. r.	v.
16	36,54	36,48	36,31	+10,2	+20,7	+15,3	+18,5	+20,7	S.	S.	SW.	ht.	ht.	ht. ht.
17	37,31	37,28	37,25	+12,5	+22,8	+18,1	+21,4	+22,7	NO.		WSW.	ht.	l. bd.	v.
18	37,35	37,17	36,92	+12,5	+23,6	+19,2	+22,0	+23,3	SO.	SO.	SO.	ht.	ht. ht.	ht.
19	36,87	36,71	36,46	+15,5	+25,5	+20,7	+23,2	+24,3	SO.	SO.	SO.	l. bd.	ht.	ht.
20	37,45	37,35	36,24	+15,9	+24,9	+22,2	+23,4	+24,5	SO.	N.	N.	ht. ht.	ht.	ht.

(Juli 1835.)

Tag.	Barometer bei 0° R.			Thermograph.		Thermometer R.			Wind.			Wetter.		
	9 U.	12 U.	3 U.	Min.	Max.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.
21	38,11	37,91	37,45	+13,8	+23,6	+19,7	+22,1	+23,4	NNO.	N.	NNO.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
22	38,05	38,00	37,70	+12,6	+22,9	+18,0	+20,6	+22,4	N.	N.	NO.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
23	38,69	38,48	37,84	+10,6	+20,7	+16,3	+19,0	+20,5	NO.	NO.	O.	ht. ht.	ht. ht.	ht.
24	39,50	39,42	39,14	+ 9,2	+17,5	+13,8	+16,1	+17,3	NO.	ONO.	NO.	l. bd.	ht. ht.	ht. ht.
25	39,76	39,71	39,21	+ 7,8	+18,4	+13,7	+16,2	+17,5	NO.	N.	NO.	ht. ht.	w.	w.
26	40,12	40,00	39,85	+ 7,8	+17,3	+12,7	+15,7	+17,1	NO.	NO.	NO.	w.	ht. ht.	ht. ht.
27	39,33	39,12	38,49	+ 8,8	+18,8	+15,5	+17,0	+18,5	W.	SW.	SW.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
28	36,88	36,55	35,87	+11,5	+21,7	+16,3	+20,2	+21,5	SW.	W.	NW.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
29	35,56	35,52		+11,5	+17,4	+13,8	+15,8		W.	NW.	NW.	bd.	v.	bd.
30	35,56	35,71	35,86	+10,6	+17,2	+12,2	+15,2	+16,7	NW.	NW.	NW.	bd.	bd.	ht.
31	35,42	33,08		+10,5	+19,9	+15,3	+18,5	+16,0	NW.	WNW.	WSW.	v.	v.	r.
	37,12	37,00	36,74	+11,97	+19,08	+15,51	+17,53	+18,56	Mittel vom 1 bis 10					
	36,43	36,34	36,23	+12,10	+20,35	+16,54	+18,40	+19,92	- - 11 - 20					
	37,91	37,77	37,93	+10,43	+19,56	+15,21	+17,86	+17,63	- - 21 - 31					
	37,17	37,06	36,94	+11,45	+19,66	+15,74	+17,93	+19,29	- - 1 - 31					

Erläuterungen. ht. ht.=ganz heiter; ht.=heiter; w.=wolkig; v.=vermischt; bd.=bedeckt; t.=trübe; n.=neblig; N.=Nebel; r.=regnigt; R.=Regen; Sn.=Schnee; Rf.=Reif; St.=Sturm; st.=stürmisch; G.=Gewitter; Gw.=Gewitterwolken; H.=Hagel. — Höhe des Barometers über dem Straſsenpflaster =16,5 Par. Fuſs. — Angabe seines Standes, der Ueberschuſs über 300 Par. Lin.

Meteorologische Beobachtungen, angestellt in Berlin. — August 1835.

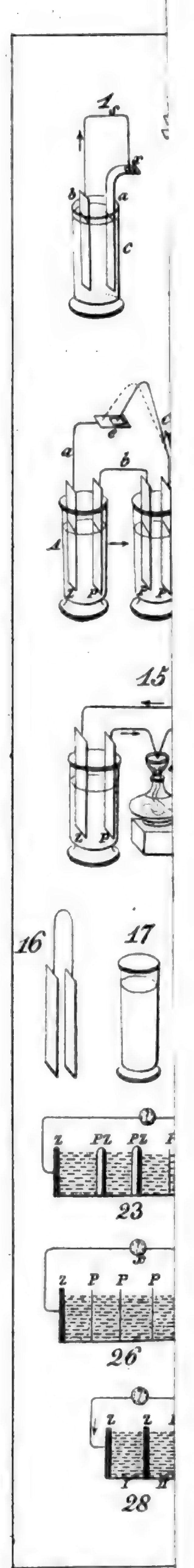
Tag.	Barometer bei 0° R.			Thermograph.		Thermometer R.			Wind.			Wetter.		
	9 U.	12 U.	3 U.	Min.	Max.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.
1	36,19	36,27	36,09	+ 9,0	+17,0	+13,1	+14,3	+16,9	W.	NW.	WNW.	ht.	ht.	ht.
2		36,82	36,28	+ 7,5	+17,2	+15,4	+15,0	+16,4	NW.	NW.	NW.	ht. ht.	ht.	ht.
3	36,60	36,38	36,15	+ 7,8	+16,8	+12,8	+15,4	+16,7	ONO.	NO.	NO.	bw.	ht.	ht.
4	36,90	36,74	36,42	+ 8,5	+18,9	+15,8	+18,1	+17,8	ONO.	O.	O.	ht.	ht.	v.
5	36,58	36,46	36,44	+10,6	+20,9	+15,8	+18,6	+18,5	SO.	SO.	SO.	v.	ht.	ht.
6	36,85	36,60	36,28	+13,2	+20,6	+17,7	+18,7	+20,0	SSO.	SW.	WNW.	ht.	w.	ht.
7	34,35	34,05	33,12	+14,6	+14,9	+16,3	+13,8	+14,3	W.	W.	NW.	bd.	R. bd.	R. bd.
8	33,39	34,01	34,53	+ 9,1	+13,9	+11,5	+10,7	+12,7	W.	NW.	NW.	bd.	R. sch.	w.
9	35,71	35,89	36,06	+ 7,3	+12,3	+ 9,5	+10,2	+11,6	NW.	NW.	WNW.	bd.	ht.	bd.
10	37,24	37,39	37,23	+ 8,0	+15,9	+11,1	+13,5	+15,3	NW.	WSW.	W.	ht.	ht.	ht.
11	37,98	38,05	37,96	+11,4	+16,5	+12,7	+13,7	+16,3	NW.	NW.	WNW.	bd.	bd.	bd.
12	36,81	36,37	35,65	+10,8	+22,8	+17,2	+21,2	+21,8	SSW.	S.	S.	ht.	ht	ht.
13	35,82	35,98	36,32	+13,3	+19,3	+16,7	+18,7	+18,0	SW.	W.	NW.	ht.	bd.	ht.
14	37,55	37,67		+12,2	+18,4	+14,2	+16,8	+	NW.	NW.		bd.	v.	
15	37,85	37,68	37,34	+10,2	+18,4	+14,2	+17,3	+18,3	OSO.	SO.	SO.	ht.	ht. ht.	ht. ht.
16	37,27	37,35	37,30	+12,1	+19,6	+15,7	+18,6	+19,3	SO.	O.	O.	ht.	ht.	ht. ht.
17	37,94	37,96	37,73	+11,4	+20,1	+16,0	+19,1	+19,8	NO.	W.	NW.	ht.	ht. ht.	ht. bt.
18	38,64	38,60	38,32	+13,0	+17,5	+14,3	+15,9	+17,4	NO.	NO.	NW.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
19	38,84	38,72	38,32	+ 9,0	+19,1	+14,5	+17,0	+19,0	NO.	O.	ONO.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
20	36,93	36,51	35,60	+11,6	+20,6	+16,8	+19,3	+19,8	SO.	SO.	SO.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.

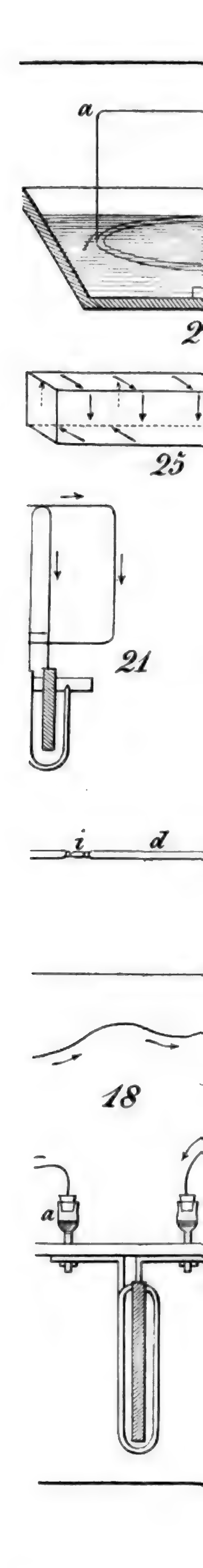
Digitized by Google

(August 1835.)

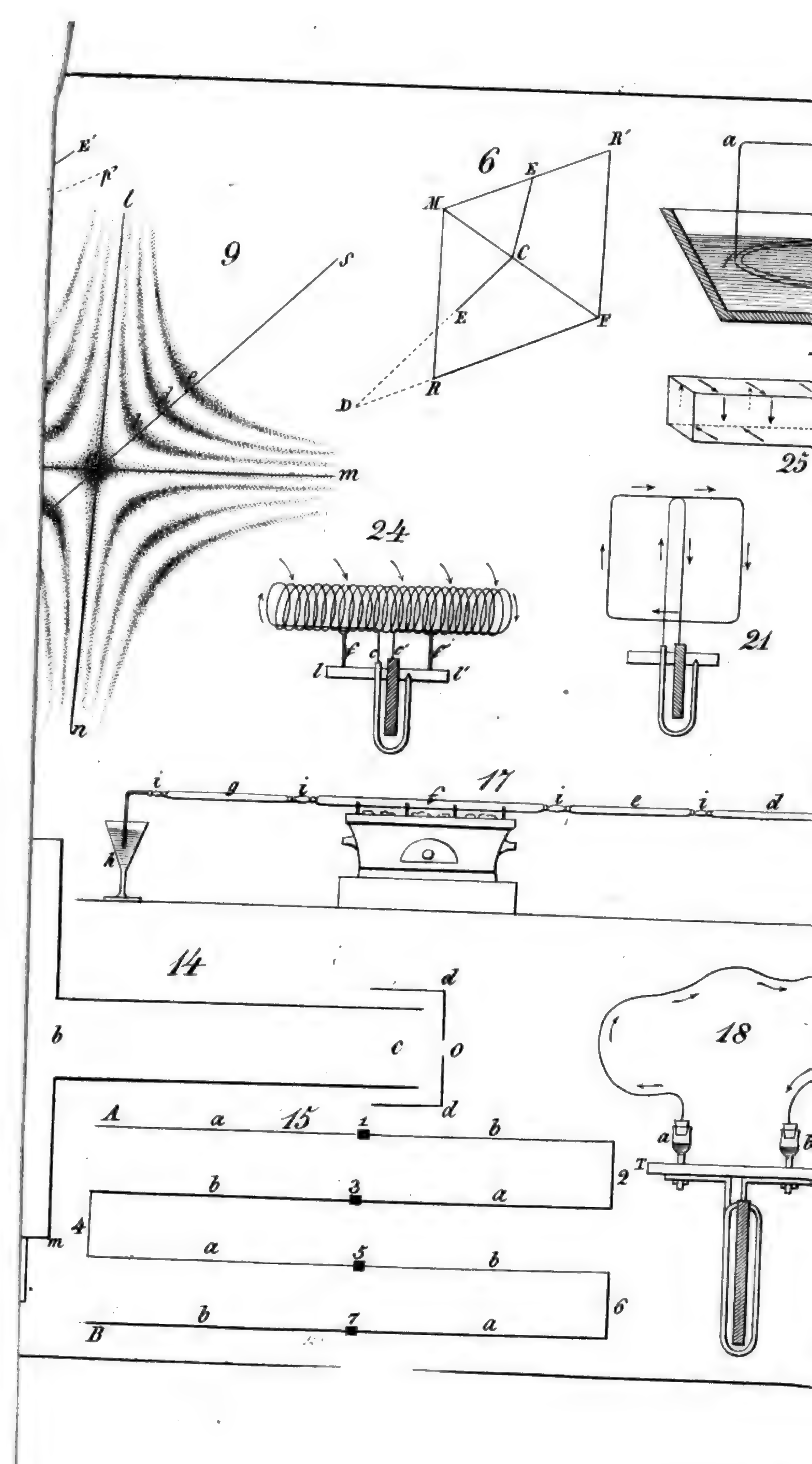
Tag.	Barometer bei 0° R.			Thermograph.		Thermometer R.			Wind.			Wetter.		
	9 U.	12 U.	3 U.	Min.	Max.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.	9 U.	12 U.	3 U.
21	34,45	34,15	33,62	+12,2	+22,4	+16,4	+20,8	+22,1	SO.	OSO.	SO.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
22	34,00	33,94	33,64	+14,6	+23,4	+18,8	+21,6	+23,2	SSO.	S.	S.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
23	32,63	32,72	33,03	+15,6	+23,0	+19,4	+21,1	+19,3	SSO.	NW.	NW.	ht. ht.	v.	ht. ht.
24	34,61	34,42	34,03	+12,4	+19,2	+14,5	+17,5	+18,9	W.	NW.	NW.	ht. ht.	ht. ht.	ht.
25	32,89	32,90	33,01	+ 9,8	+19,1	+15,7	+18,1	+16,5	O.	SO.	O.	ht. ht.	ht.	ht.
26	33,69	33,40	33,38	+10,0	+16,7	+13,2	+15,3	+16,7	ONO.	NO.	NO.	ht. ht.	ht.	ht.
27	35,68	35,99	36,11	+ 8,1	+14,7	+11,8	+13,5	+13,2	O.	O.	O.	ht.	ht.	ht.
28	37,84	37,71	37,52		+17,3	+11,6	+15,4	+16,8	SO.	SO.	SO.	ht. ht.	ht. ht.	ht.
29	37,73	37,29	36,81		+16,5	+11,3	+14,3	+16,3	NO.	NO.	NO.	ht. ht.	ht. ht.	ht. ht.
30	35,78	35,22	35,15	+ 7,4	+16,4	+11,8	+16,2	+14,7	NW.	NW.	NW.	v.	v.	v.
31	35,81	35,75	35,68	+ 7,5	+13,3	+12,0	+11,8	+12,3	N.	N.	N.	v.	ht.	ht.
	35,98	36,06	35,86	+ 9,56	+16,84	+13,90	+11,83	+16,02	Mittel vom 1 bis 10					
	37,56	37,49	37,17	+11,50	+19,23	+15,23	+17,76	+18,86	- - 11 - 20					
	35,01	34,86	34,73	+10,81	+18,36	+14,23	+16,88	+17,28	- - 21 - 31					
	36,15	36,10	35,83	+10,62	+16,15	+14,45	+16,50	+17,33	- - 1 - 31					

Erläuterungen. ht. ht.=ganz heiter; ht.=heiter; w.=wolkig; v.=vermischt; bd.=bedeckt; t.=trübe; n.=neblig; N.=Nebel; r.=regnigt; R.=Regen; Sn.=Schnee; Rf.=Reif; St.=Sturm; st.=stürmisch; G.=Gewitter; Gw.=Gewitterwolken; H.=Hagel. — Höhe des Barometers über dem Strafsenpflaster =16,5 Par. Fufs. — Angabe seines Standes, der Ueberschufs über 300 Par. Lin.

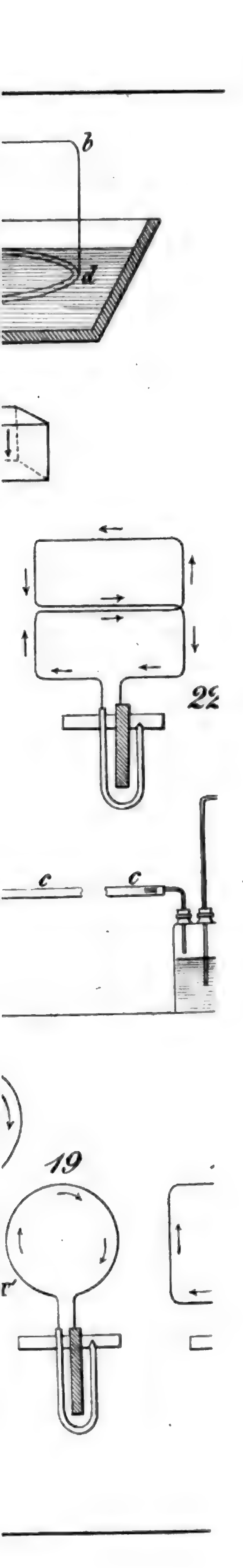

14
a
b
c
x
e
a
b
A
Z
P
15
16
17
Z
Pt
Pt
23
Z
P
P
P
26
Z
Z
I
II
28


a
25
21
i
d
18
a

(August 1835.)



Digitized by Google



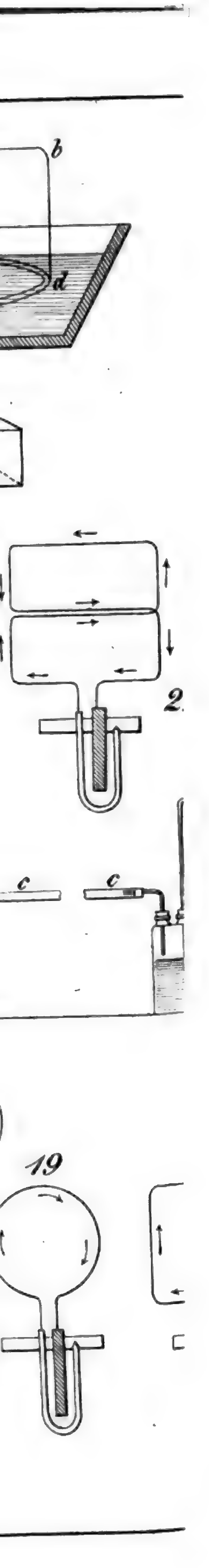
b
d
22
c
c
19
r'

Taf. V.

g

f

Ann


b
d
2.
c
c
19

Taf. V.

Beobacht

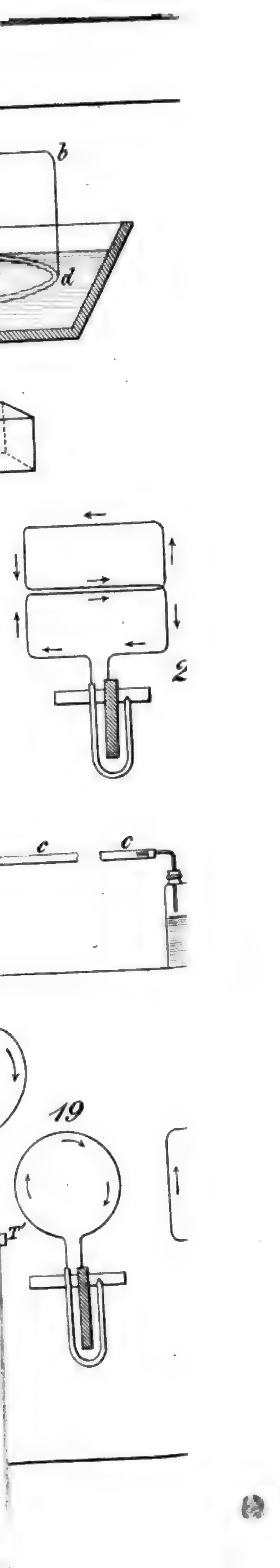
48° 25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41

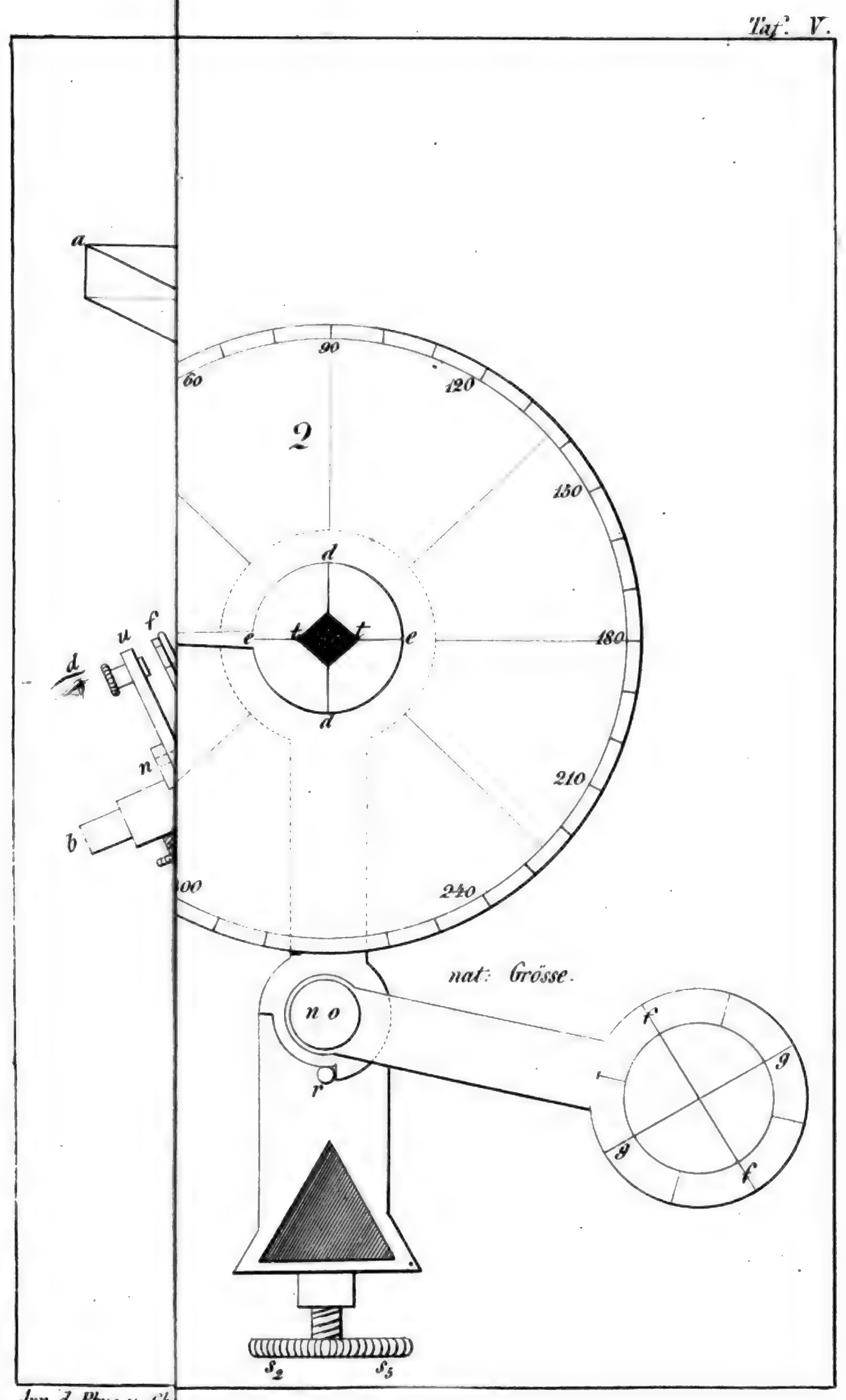
g

f

Die Linien vo
Die Zeit ist m
auf die mittlere

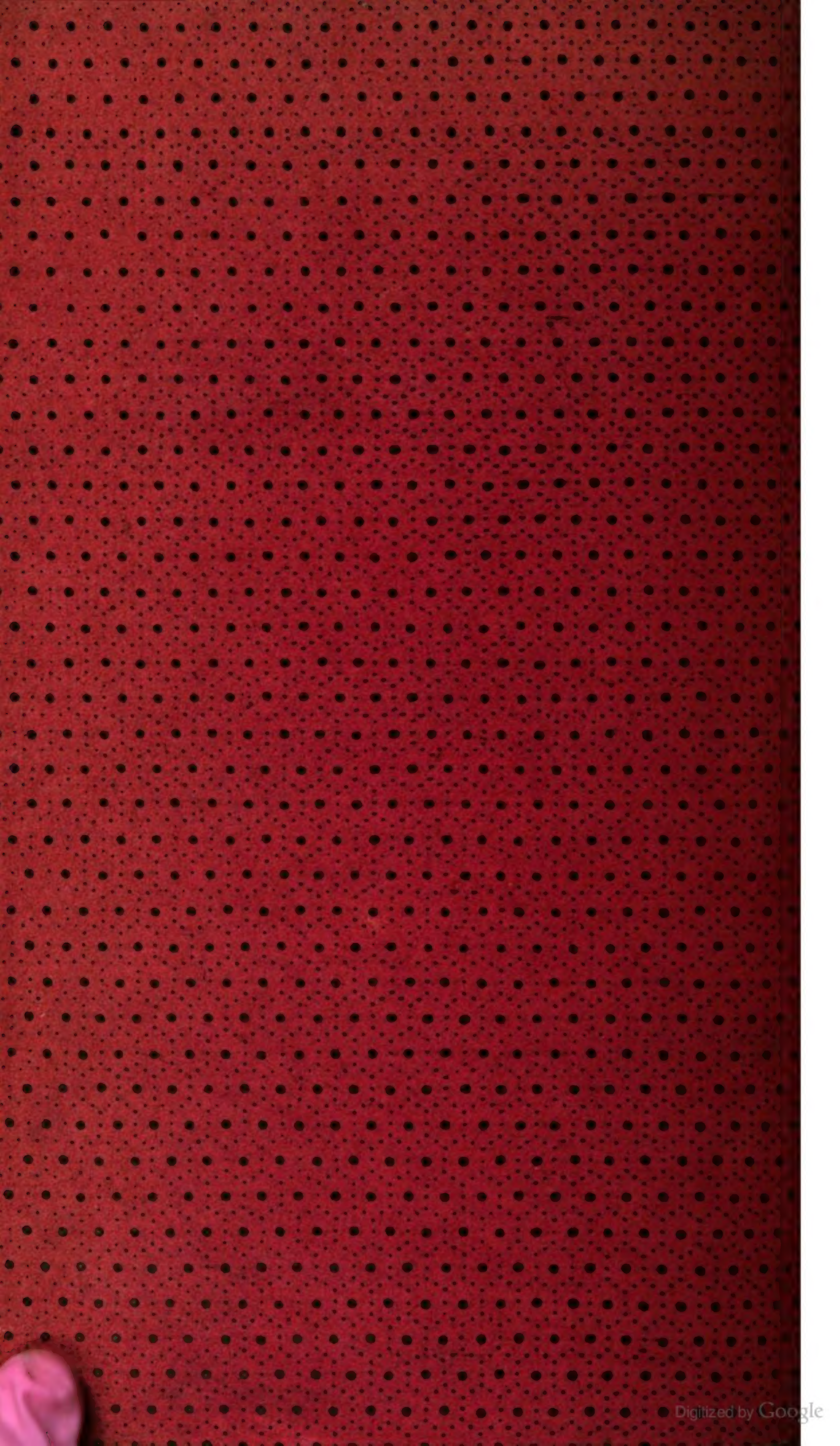
Digitized by Google


b
d
2
c
c
19
T'

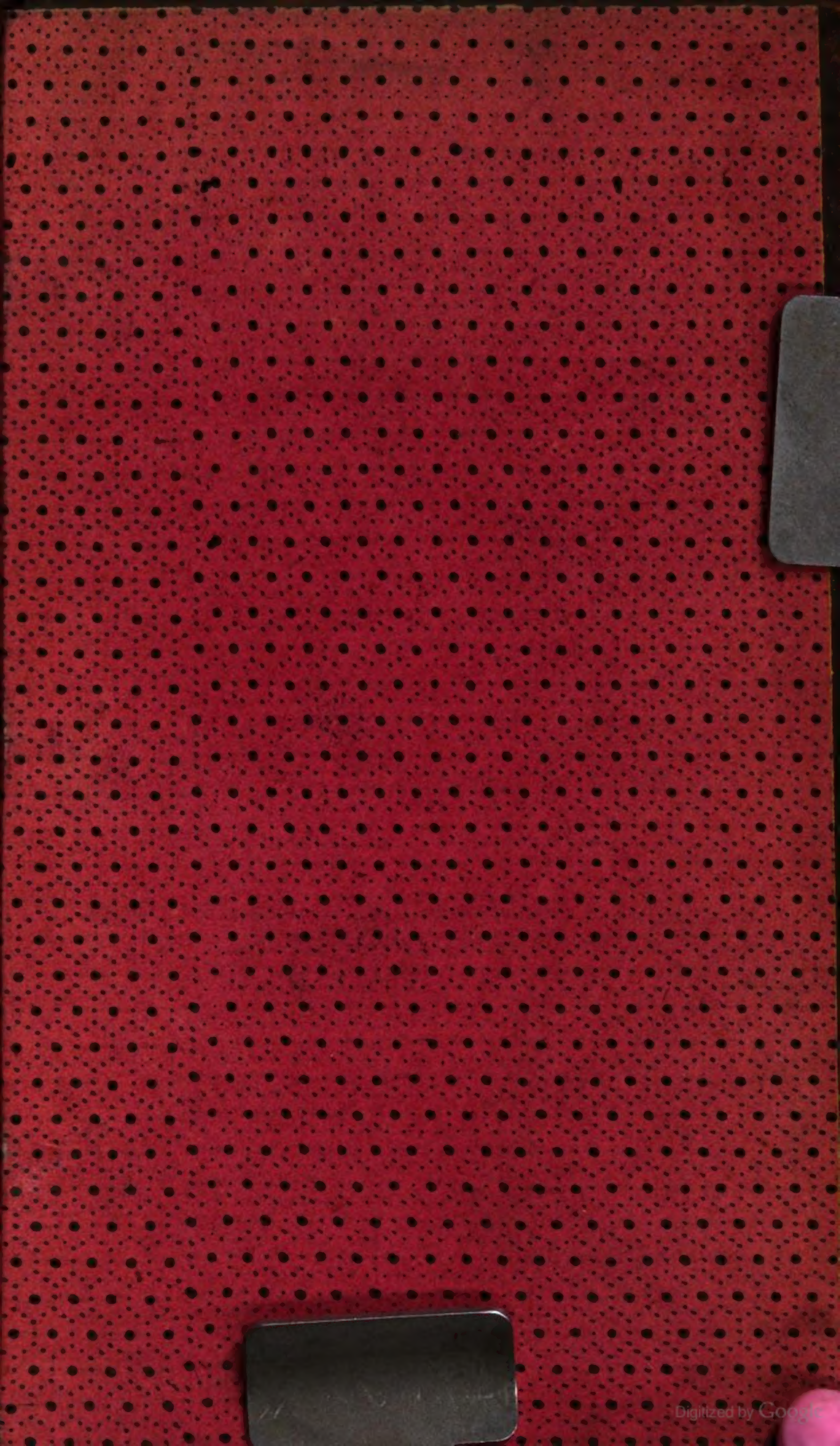

a
90
60
120
2
150
d
u f
t t
e e
180
d
d
n
210
b
00
240
nat: Grösse.
n o
f
g
r
g
f
s_2 s_3

Digitized by Google

Österreichische Nationalbibliothek
+Z184188005
Digitized by Google



Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google